トランジスタ技術
エレクトロニクスの基礎と実用技術を濃縮したフィールド・ワーク・マガジン

SPECIAL

No.63

PCを使いこなすためのハードウェア規格リファレンス

特集 パソコン周辺インターフェースのすべて

エレクトロニクスの基礎と実用技術を濃縮したフィールド・ワーク・マガジン

トランジスタ技術SPECIAL

季刊●B5判●定価：1～33定価1,570円 34～45定価1,631円 46～49定価1,723円 50～57定価1,835円 58以降定価1,840円

1 個別半導体素子　活用法のすべて 基礎からマスタするダイオード，トランジスタ，FETの実用回路技術	**42 高速ディジタル回路の測定とトラブル解析** ハイスピード・ディジタル信号を高周波と捉らえる	**60 実験で学ぼう回路技術のテクニック** オシロスコープの波形を見て，抵抗，コンデンサの使い方を覚えよう
6 Z80ソフト&ハードのすべて 基礎からマクロ命令を使いこなすまでのノウハウを集大成	**43 Cによるマイコン制御プログラミング** 86系ペリフェラルを中心とした	**61 モータ制御&メカトロ技術入門** いろいろなモータとその駆動法を理解しよう
8 データ通信技術のすべて シリアル・インターフェースの基礎からモデムの設計法まで	**44 フィルタの設計と使い方** アナログ回路のキーポイントを探る	**62 電子回路シミュレータの本格活用法** 実証済み回路集で学ぶ設計のテクニック
9 パソコン周辺機器インターフェース詳解 セントロニクス/RS-232C/GPIB/SCSIを理解するために	**45 PC98シリーズのハードとソフト** 386&486マシンを使いこなす!	**63 パソコン周辺インターフェースのすべて** PCを使いこなすためのハードウェア規格リファレンス
17 OPアンプによる回路設計入門 アナログ回路の誤動作とトラブルの原因を解く	**47 高周波システム&回路設計** 通信新時代の回路技術とシステム設計	**64 実験で学ぶノイズ対策技術のすべて** 回路をちゃんと動作させるために必要な知識を身に付けよう
22 ディジタル回路ノイズ対策技術のすべて TTL/CMOS/ECLの活用法と誤動作/トラブルへの処方	**48 作れば解るCPU** ロジックICで実現するZ80とキャッスル・マシン	**65 PCIバスの基礎と応用** Windows95パソコンの構成からCompactPCIシステムの構築まで
25 最新マイコン・メモリ・システム設計法 DRAM，SRAMの動作からデュアルポートRAM，FIFOの活用まで	**49 徹底解説　Z80マイコンのすべて** Z80CPUの概要から周辺LSIの活用法，ICEのデバッグまで	**66 センサ応用回路の活用ノウハウ** 基本的なセンサの使い方から応用回路設計まで
28 最新・電源回路設計技術のすべて 3端子レギュレータから共振型スイッチング電源まで	**50 フレッシャーズのための電子工学講座** 電磁気学の基礎から電子回路の設計，製作までをやさしく解説	**67 パソコン周辺機器インターフェースII** ATA(IDE)，SCSI，AGPを中心とした
29 マイコン独習Z80完全マニュアル 手作りの原点から実用ソフトの作成まで	**51 データ通信技術基礎講座** RS232Cの徹底理解からローカル通信の実用技術まで	**68 WindowsPCによる計測・制御入門** パソコンを使ってデータ収集，解析を行う前に考えること
31 基礎からのビデオ信号処理技術 複合映像信号の理解からハイビジョン信号の捉え方まで	**52 ビデオ信号処理の徹底研究** 映像信号の基礎から高画質化のためのディジタル信号処理の方法まで	**69 作ってわかる通信ネットワーク技術** 携帯電話や自作ＬＡＮを利用して情報収集をしよう
32 実用電子回路設計マニュアル アナログ回路の設計例を中心に実用回路を詳述	**53 パソコンによる計測・制御入門** 研究室や実験室で必要なデータ収集のノウハウを基礎から解説	**70 IEEE1394で広がる通信技術** パソコン周辺機器から情報家電のインターフェースまで
36 基礎からの電子回路設計ノート トランジスタ回路の設計からビデオ画像の編集まで	**54 実践パワー・エレクトロニクス入門** パワーMOS FETとIGBTの使い方をやさしく解説	
37 実用電子回路設計マニュアルII 豊富な回路設計例から最適設計を学ぼう	**55 作ってわかる電子回路製作入門** やさしい電子工作からパソコンを使ったシステム開発まで	
38 Z80システム設計完全マニュアル 周辺I/Oボードの設計とマイコン・システムの開発	**56 電子回路シミュレータ活用マニュアル** アナログ回路解析だけでなくディジタル回路解析も追加された	
39 A-Dコンバータの選び方・使い方のすべて アナログ信号をディジタル処理するための基礎技術	**57 最新・スイッチング電源技術のすべて** 効率とノイズを重点的に解説したソフト・スイッチングの指南書	
40 電子回路部品の活用ノウハウ 機器の性能と信頼性を支える受動部品の使い方	**58 基本・C-MOS標準ロジックIC活用マスタ** 低電圧動作とドライブ能力の向上をはかった	
41 実験で学ぶOPアンプのすべて 汎用OPアンプから高性能OPアンプまで	**59 新世代Z80CPUで学ぶマイコン入門** RISCライクなZ80互換プロセッサKC80を詳解する	

CQ出版社　〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2 販売部 ☎(03)5395-2141 振替 00100-7-10665

（定価は税込）

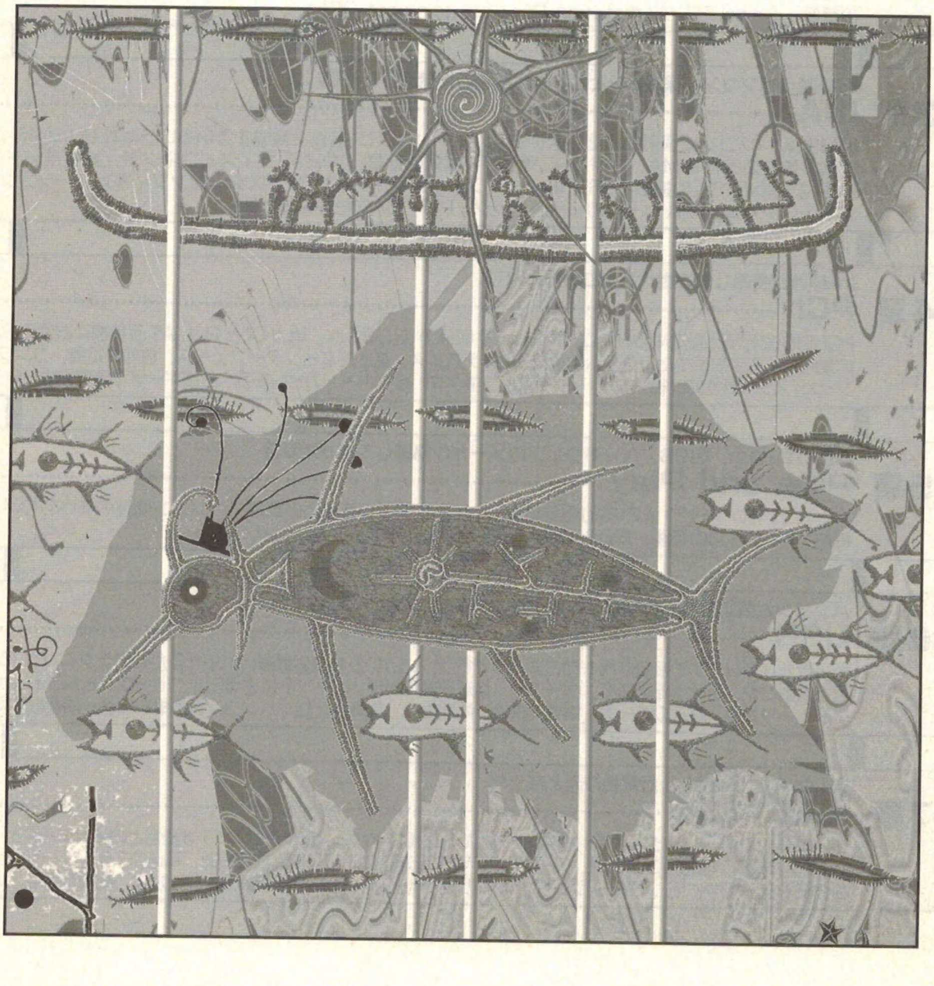
トランジスタ技術 SPECIAL

特集

パソコン周辺インターフェースのすべて

PCを使いこなすためのハードウェア規格リファレンス

現在のパソコンは，すべてなんらかの規格によって造られています．いままでは，やったもの勝ち，あるいは市場で残ったものが生き残るというところがありましたが，これからは勝ち組といわれるマイクロソフト社とインテル社が主導的に規格化を進めていく傾向が強くなっています．標準化を進める国や国際機関もありますが，あまりの技術の進歩の速さに規格化が追いついていないのが実状です．今回は，パソコンとバス，オーディオ／ビジュアル／マルチメディアの分野について，個々の規格の成り立ちからその内容，実現方法をふくめて，リファレンスとして役立つように解説を加えました．



トランジスタ技術SPECIAL No.63

CONTENTS

特集

PCを使いこなすためのハードウェア規格リファレンス

パソコン周辺インターフェースのすべて

特集執筆：宮崎　仁

はじめに　本特集の読み方 ……4

第1部について／第2部について

パソコンのハードウェア標準規格（Windows95/NT4.0用）

第1-1章　PC97 ……6

Microsoft社が作成したハードウェア標準／PC95とPC97のハードウェア・デザイン・ガイド（Windows 95の目標とその実現—最新のハードウェア資源の利用，ユーザ・インターフェースの提供，PC 95の概要—Windowsでの基本的な機能，PC 97の新機能—USBやIEEE1394，WDM，ACPIなど，PC 97の概要—用途ごとのPCターゲット）

Windows98に対応したパソコンのハードウェア標準

第1-2章　PC98 ……12

Microsoft社とIntel社が決めた次世代Windows向けハードウェア仕様／マルチメディア機能を強化するDirectX，DirectShowなどを装備（PC 98の特徴—200 MHz MMX PentiumがCPUの最低ライン，PC 98の概要—Basic PC，Workstation PC，Entertainment PC）

IBM社のパソコンに採用されたことから飛躍的に発展した拡張バス

第1-3章　ISA ……17

IBM社のパソコンに採用されたシステム・バス／ISAバス基板を構成するいろいろな仕様（システム構成，信号線定義，割り込みとDMA，アドレス・マップ，電気的仕様，ボード・サイズとコネクタ，拡張ボードのピン配置）／PnPのためのISAの拡張（EISA ID，コンフィギュレーション・レジスタ，コンフィギュレーション・レジスタのアクセス，レガシーISAカードのリードバック，PnP ISAカードの構成例）

Intel社が提唱した次世代高速ローカル・バス

第1-4章　PCI ……30

PCI SIGで標準化が進められたローカル・バス（ISAからEISAへ，VLバスとPCI，AT互換機におけるPCIとほかのバスの動向）／PCIを使ったシステムの構成（PCIデバイス，基本的なインターフェース，信号線定義，コンフィギュレーション・レジスタ，電気的仕様，ボード・サイズとコネクタ，拡張ボードのピン配置，拡張ボードの消費電力，システム構成の例）

OS，パソコン，BIOS，ハードウェアのメーカが協議して作った規格

第1-5章　Plug and Play ……45

パソコンへのハードウェアの追加が簡単にできるようにするための規格／パソコン関連のすべてのメーカが関係する機能（OSレベルの機能，BIOSレベルの機能，ハードウェア・レベルの機能）

パソコンと周辺機器との接続を1本化するインターフェース規格

第1-6章　USB ……50

周辺機器とパソコンの接続を同一のコネクタで行う／いろいろな周辺機器に対応するためのテクニック（システム構成，信号とコネクタ，データ転送速度，ケーブル，転送速度の検出，パケットによる転送，トークンとハンドシェイク，転送のスケジューリング，転送のモード，電源の供給，同期方式，電気的仕様，パソコン側の構成の例，周辺機器側の構成の例）

Apple社のFireWireが規格の元となった

第1-7章　IEEE1394 ……62

ディジタルTV，ディジタルVTRも視野に入れた伝送規格／ハードディスクやビデオ機器とのインターフェースに使用される（システム構成，信号とコネクタ，ケーブル，データ転送速度，バス使用権の制御，転送のスケジューリング，サブアクションのモードとパケット，アドレッシング，バス・リセットとノードIDの自動設定，同期方式，電気的仕様，システム構成の例）

Compaq, Intel, Microsoft で協議した拡張スロットの規格
第1-8章 デバイス・ベイ …… 77
拡張ボードや内蔵周辺機器の機械的，電気的接続を容易にする／ハードディスク，モデム，各種セキュリティ機器の接続に使う（システム構成，デバイスの種類と外形寸法，デバイスの種類と消費電力，信号線の定義，コネクタ，転送速度，デバイス·ベイ·コントローラ，将来のインターフェースの動向）

PCMCIA と JEIDA が共同して作った PC Card Standard 規格
第1-9章 PC カード …… 87
電子手帳のメモリ・カードの規格が原点（本格的な標準化の始まり，規格の統一と PC カード）／大きさによって 3 種類ある PC カード（カードの種類，電源電圧の違いと電圧キー，カードのタイプ，カードの機能による分類，PC カードのコネクタ，信号線定義，カードの種類と電源電圧の検出，DMA 要求機能の拡張，メモリ空間のアクセス，I/O 空間のアクセス，電気的仕様，CIS とタプル，システム構成と API，コントローラ IC の例）

32 ビットの高速 PC カード規格
第1-10章 CardBus …… 104
PCI バスをベースに 32 ビット PC カードの仕様が決められた／従来の 68 ピン PC カードと互換性を保つように作られた規格（CardBus のコネクタ，信号線定義，CardBus の基本インターフェース，CardBus のコンフィギュレーション，電気的仕様，コントローラ IC の例）
コラム 規格や情報の入手について …… 111

電子楽器の間で音楽データをやりとりするための規格
第2-1章 MIDI …… 112
多数のメーカが集まって日本でできた規格／音楽だけでなく，オーディオ，ビデオ，照明機器の制御もする（システム構成，接続の方法，信号線とコネクタ，トランスミッタとレシーバ，伝送方式，パソコンの MIDI インターフェース，メッセージのフォーマット）

放送局機器用のディジタル・オーディオ・インターフェース規格
第2-2章 DAI …… 121
VTR の音声を PCM 化することからオーディオのディジタル化が始まる／ CD，DAT，MD，DCC，PCM 機器，ディジタル·シンセサイザなどをつなぐことが目的（対象とするディジタル・オーディオ機器，基本的な伝送方式，サブフレームのフォーマット，チャネル·ステータスのフォーマット，符号化とプリアンブル，伝送ラインの仕様，コネクタの仕様，DAI の回路例）

世界的に見れば少数派の日本のテレビ信号規格
第2-3章 NTSC …… 131
テレビ放送の歴史が物語る放送規格の違い／白黒放送と互換性をもたせたカラー放送規格（テレビ放送の基本方式，NTSC 信号のフレーム構成，色信号の多重化，NTSC 信号のおもな規格，NTSC 信号の復調回路）

IBM 社のパソコン用に作られたビデオ・システム規格
第2-4章 VGA …… 142
AT 互換機といわれるパソコンのほとんどが装備しているビデオ·システム（VGA 以前のビデオ·システム，VGA およびそれ以後のビデオ·システム）／ビデオ·ボードの交換で新しいビデオ·システムに対応できる（AT アーキテクチャのビデオ·インターフェース機能，VGA のハードウェア構成，VGA のビデオ·モード，VGA のビデオ BIOS，VGA のコネクタと信号線，VGA のディスプレイと信号タイミング，VGA の回路例）

VGA の上位互換ビデオ・システム
第2-5章 SVGA …… 157
サードパーティによって独自に拡張されたビデオ·システム／ VBE で決めた VGA を超えるビデオ規格（VBE のビデオ·モード，VBE のメモリ·モデル，VBE のファンクション·コール，Windows のビデオ·システム，多色表示のデータ·フォーマット，DMT のディスプレイと信号タイミング）

画像データと音声データを転送する PC カード・インターフェース
第2-6章 ZV ポート …… 167
ノート·パソコンに画像や音声データを転送する方法／ PC カードに画像と音声のデータを送るための取り決め（ZV ポートのシステム，信号線定義，画像データのフォーマットとタイミング，音声データのフォーマットとタイミング，電気的仕様）

表紙デザイン／アイドマ·スタジオ　表紙イラスト／伊部喜久雄　本文イラスト／神崎真理子

はじめに
本特集の読み方

本特集は最近のパソコンやマルチメディア機器に関連するさまざまな規格をまとめたものです．

大きく分けると，第1部ではPC 97やPC 98に代表される最新のパソコンの基本システムまわりの規格，第2部ではオーディオ，ビデオ，グラフィックなどのマルチメディアに関する規格をまとめています．

現在のパソコン業界ではいわゆるAT互換機が大きなシェアを占めています．とくにMicrosoft社やIntel社が提唱しているPC 98は，好むと好まざるとにかかわらず，これからのパソコンの事実上の共通仕様となっていくと思われます．そこで，本書でもまずPC 97とPC 98の概要について取り上げ，さらに個々のさまざまな規格について解説を行います．

取り上げた規格は，初期のPC/ATの仕様から出発して，**Windows 95に対応した現在のAT互換機**の標準仕様や，PC 98で提唱されている将来の仕様までの流れが分かるように選んでいます．たとえば，ISAのような過去の標準，PCIのような現在の標準，USBやIEEE1394のような新しい標準を取り上げ，規格が作られた経緯やほかの規格との関連についても解説してあります．

Windows 95に対応した現在のAT互換機

Windows 95の発売以前のAT互換機には，Windows 95が使えない仕様のものがたくさんあった．Windows 95の発売後もしばらくの間は，DOS専用の低価格パソコンが販売されていた．しかし，現在のAT互換機は，パームトップなどの超小型パソコンやゲーム専用機などの特殊な例を除けば，すべてWindows 95対応の仕様といってさしつかえないだろう．

また，個々の規格については，単なる紹介や概要だけでなく，設計技術者の目から見て重要と思われるポイントや見落としやすい部分を選んでなるべく詳しく解説するようにしました．ピン配置やコネクタ寸法などの資料も，できる限り収録しました．

もともと，一つの規格だけでも技術的な内容をきちんと解説しようと思えばたいへんなボリュームになります．この1冊で，パソコンやマルチメディア関係のすべての規格を網羅することはできませんでした．

シリアル・ポート，パラレル・ポート，IDE，SCSIなどの周辺機器インターフェース，10BASE-T，100BASE-TXなどのネットワーク，MPEGなどの画像フォーマット，フラッシュATAやコンパクト・フラッシュなどの各種メモリ・カードなど，たくさんの重要な規格が収録できませんでした．皆さんのご要望があれば，それらの規格についてもなるべく早い機会に特集として取り上げていきたいと考えています．

第1部について

第1部では，まず最新のパソコン仕様として注目されているPC 97とPC 98について概要を解説し，その中でどのような仕様が要求されているかを明らかにします．ただし，**PC 97やPC 98の本文**そのものを詳しく解説はしません．

PC 97やPC 98の本文

興味のある方はMicrosoft社のサイトで無料でダウンロードできる．また，書籍としても出版されている．

なぜなら，PC 97やPC 98はほかの規格とは違って，具体的な規格書ではないからです．パソコンの各部の仕様については直接記述されておらず，準拠すべき規格が書いてあるだけです．PC 97やPC 98の本文をいくら読んでも，それらの個々の規格を知らなくては，どのような仕様が要求されているのかはわかりません．本特集の目的は，それらの個々の規格について解説することです．

続いて，パソコンの骨格とも言えるISAとPCIの二つのシステム・バスと，Windows 95のユーザ・インターフェースの根幹をなすPlug and Playについて解説します．ISAは初代PC/ATから続いている古いシステム・バスですが，次第に脇に追いやられるようになり，とうとうその役割を終えてPCIに置き換えられようとしています．その最大の理由は，ISAがもともとPlug and Playに対応していないことにあります．本特集では，Plug and Playに対応しない古いISA（レガシーISA）と，Plug and Playに対応できるように拡張された新しいISA（PnP ISA）の両方について解説しています．

次に，PC 97やPC 98で提唱された新しい周辺インターフェースであるUSB，IEEE 1394，デバイス・ベイについて解説します．デバイス・ベイの登場によって，USBやIEEE 1394は外部デバイスだけでなく，内部デバイスの標準インターフェースとなる可能性も高まってきました．今後は，これらのインターフェースがPCIなどのシステム・バスの機能を肩代わりしていくことも考えられます．

最後に，携帯パソコンに必要不可欠な周辺インターフェースであるPCカードと，その拡張版のCardBusについて解説します．とくにCardBusはPCIの携帯版と呼べるものであり，PC 97やPC 98でも携帯パソコンには必須のインターフェースとされています．

パソコンの骨格

PC/ATアーキテクチャはもともとシステム・バスを中心におき，それにCPU，メモリ，各種の周辺コントローラLSIがぶら下がった構造を採用している．これは当時のパソコンとしては珍しいもので，各部分を別々にグレード・アップしやすいのが特徴．

本来のシステム・バスはISAだが，転送速度が遅いので，現在はより高速なPCIを主に用いて，ISAを補助的に用いる構成が一般的になっている．

第2部について

第2部では，PC 97やPC 98とは少し離れて，一般的にパソコンやマルチメディア機器で必要となるさまざまな規格を取り上げています．

まず，オーディオ関連の規格としてMIDIとDAIを解説しています．MIDIは本来はステージ仕様の電子楽器インターフェースの規格ですが，パソコンを中心としたコンピュータ・ミュージックでも広く用いられている規格です．DAIはCD，DAT，シンセサイザ，パソコンなどのさまざまなディジタル・オーディオ機器の統一インターフェースとして用いられています．

つぎに，ビデオ関連の規格の基本であるNTSCについて解説しています．テレビ放送やVTRの再生画像などのビデオ信号はNTSC規格に従っていますから，これらの画像をパソコンに取り込んだり，逆にパソコンの画面をテレビに表示したりVTRに録画するには，NTSCの規格を知ることが必要です．

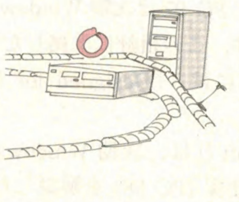
続いて，現在のパソコンのグラフィック・システムの標準であるVGAとSVGAを解説します．DOSではテキスト・モードやテキストBIOSを主に使っていましたが，Windows 95が普及してからはほとんどグラフィック・モードだけが使われるようになっており，BIOSもあまり使われなくなってきました．本特集でも，おもにグラフィック・モードについて解説しています．

最後に，携帯パソコンに動画データ（動画像および音声）を取り込むためのしくみであるZVポートを解説します．ZVポートはPCカードの拡張仕様として作られた規格であり，PCカードやCardBusの規格とも関連しています．

テキスト・モード

文字だけを画面に表示できるモード．文字フォントはあらかじめ決まっており，文字の大きさや表示の行数，桁数は変えられない．文字色や背景色は変えられるが，制限が多く，自由な表示はできない．しかし，テキスト・モードのほうがプログラミングがやさしく，表示速度も速いので，DOSの全盛期にはテキスト・モードがおもに使われていた．

Windowsでは，文字フォントをビットマップ・データとしてグラフィック・モードで表示する．パソコンでさまざまな書体や文字サイズ，文字色や背景色が自由に使えるようになったのはそれからである．



第1-1章 パソコンのハードウェア標準規格（Windows95/NT4.0用）

PC97

〈名称〉

PC 97 Hardware Design Guide (v. 1.0)

〈発行日〉

1996.8.30

〈発行者〉

Microsoft Corporation

〈ファイルのダウンロード〉

（英語版）http://www.microsoft.com/hwdev/pc97.htm

〈書籍〉

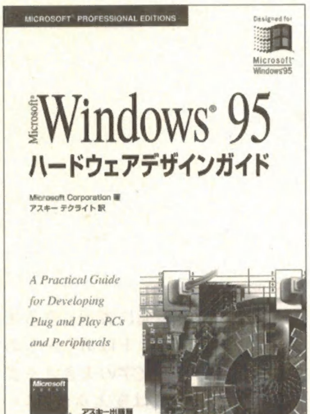
（英語版）Microsoft Press 発行

（日本語版）㈱アスキー発行（英語版ファイルもCD-ROMで収録）

〈情報入手先〉

http://www.microsoft.com

Microsoft社が作成したハードウェア標準



Microsoft社ではWindows 95の発売に先立って，1994年にWindows 95ハードウェアデザインガイドを公開しました．これは，パソコンおよび周辺機器メーカのための製品開発の指針として，Windows 95を最適に動作させることができるハードウェアの仕様（PC 95）を解説したものです．

パソコンおよび周辺機器メーカにとっては，この指針を利用すればWindows 95向けに最適化された新製品を市場に投入できるメリットがあります．また，この指針に準拠したMicrosoft社のハードウェア互換テストに合格し，Windows 95をプレインストールした製品には，「Microsoft Windows 95」のロゴを添付できます．

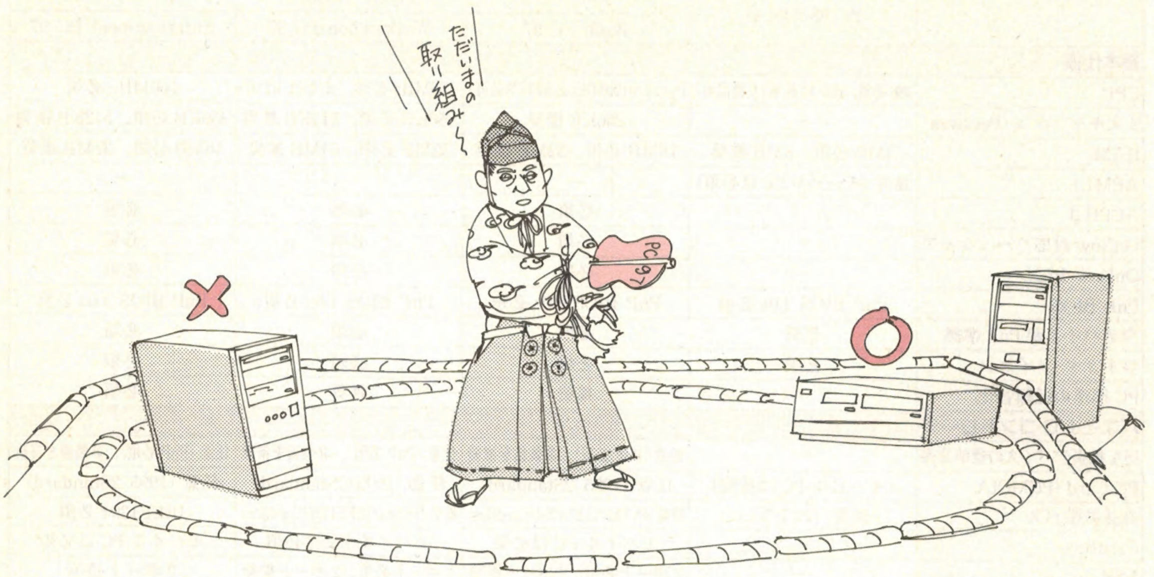
その後，Windows 95やWindows NTがパソコン市場に広く普及するとともに，次期Windowsの開発も進んできました．また，パソコンのハードウェア，ソフトウェアの技術も大きく進歩しました．これらの変化を取り込んでPC 95の仕様も次々にバージョンアップされて，初版の仕様とはかなり違いが出てきました．そこで，Windows 95ハードウェアデザインガイドに代わる新しい製品開発の指針として，PC 97ハードウェアデザインガイドが公開されました．

PC 97ハードウェアデザインガイドは，1997年に発売される新しいパソコンを対象として，Windows 95/NT4.0が最適に動作するハードウェア仕様（PC 97）を解説したものです．また，PC 97は次期Windows（Windows 98/NT）にも対応可能な仕様となっています．この指針に準拠したMicrosoft社のハードウェア互換テストに合格した製品には，「Designed for Microsoft Windows」のロゴ（図1-1）を添付できます．

〈図1-1〉「Designed for Microsoft Windows」のロゴ

さらにIntel社とMicrosoft社は，次期Windows（Windows 98/NT5.0）が最適に動作するハードウェア仕様（PC 98）を解説したPC 98システムデザインガ

〈パソコンのハードウェア標準〉



イドを公開しています．

PC95とPC97のハードウェア・デザイン・ガイド

PC 97は基本的にPC 95をアップグレードしたものと言えます．Windows 95ハードウェアデザインガイドに記述されている基本的な仕様は，PC 97でも必要とされます．両方に記述されている部分は，PC 97ハードウェアデザインガイドが優先されます．

ここでは，PC 95とPC 97の概要についてまとめて述べることにします．PC 95とPC 97のおもな仕様を**表1-1**に示します．

① Windows 95の目標とその実現 ──最新のハードウェア資源の利用，ユーザ・インターフェースの提供

Microsoft社では，DOSでは達成できなかった二つの課題，CPUやメモリなど最新のハードウェア資源を有効に利用することと，だれでも簡単に使えるユーザ・インターフェースを提供することを目標として，Windowsの開発を続けてきました．とくにユーザ・インターフェースについては，パソコンを一般の家電製品と同様に簡単に使えるようにすることを最終目標として掲げています．

Windows3.1ではその第1段階として，GUI（グラフィカル・ユーザ・インターフェース）とマウスによる快適な操作をほぼ達成しました．Windows 95ではその第2段階として，システム拡張を容易にするためのPnP（プラグ&プレイ）の実現が最大の課題とされています．Windows 95ハードウェアデザインガイドでもPnPの解説に多くのページを費やしています．さらに，次期Windowsではその第3段階として，パソコンのスイッチを入れれば起動を待たずにすぐ使えて，非動作時にはほとんど電力を消費せず待機しているというOnNow（オンナウ）機能が実現される予定です．

GUI

DOSでは，キーボードから文字列のコマンドを入力して操作を行い，ディスプレイに文字列として表示されたメッセージを読むというキャラクタ・ユーザ・インターフェース（CUI）を採用していた．DOSが作られた当時のパソコン（たとえば初代IBM PC）はグラフィックの表示能力が低く，表示速度も遅かったので，これしか方法がなかったからである．

しかし，CUIでは決められたコマンドを間違いなく入力しないとコンピュータが動かないなど，とくに初心者には使いにくいシステムと言われていた．

GUIは，グラフィックを使って自由に画面をデザインできることと，コマンドを入力するかわりに画面上の場所をポイントする（指し示す）ことでコンピュータを操作できるという二つの特徴をもったユーザ・インターフェースである．一般的には，ビット・マップで書いた絵（アイコンや操作ボタンなど）をマウスなどでポイントしてコンピュータを操作する．

〈表 1-1〉 PC95 と PC97 の概要

	PC 95（1994）	PC 97（1996）		
		Basic PC 97	Workstation PC 97	Entertainment PC 97
基本仕様				
CPU	386 必須，486/33 推奨（互換品可）	Pentium120MHz 必須（同等品可）	166MHz 必須，または RISC	166MHz 必須
2 次キャッシュ（Pentium）	—	256KB 推奨	256KB 必須，512KB 推奨	256KB 必須，512KB 推奨
RAM	4MB 必須，8MB 推奨	16MB 必須，32MB 推奨	32MB 必須，64MB 推奨	16MB 必須，32MB 推奨
APM1.1	推奨（モービル PC は必須）	—	—	—
ACPI1.0	—	必須	必須	必須
OnNow 対応ハードウェア	—	必須	必須	必須
OnNow BIOS	—	必須	必須	必須
PnP BIOS	PnP BIOS 1.0a 必須	PnP BIOS 1.0a 必須	PnP BIOS 1.0a 必須	PnP BIOS 1.0a 必須
全デバイスが PnP 準拠	推奨	必須	必須	必須
コネクタ・アイコン	必須	必須	必須	必須
PC 標準の低騒音化	—	推奨	推奨	必須
バスと I/O コントローラ				
ISA 拡張デバイスの標準装備	—	任意（PnP 必須），非装備を推奨	任意（PnP 必須），非装備を推奨	任意（PnP 必須），非装備を推奨
PC Card（PCMCIA）	（モービル PC は推奨）	任意（1995/2Standard）	任意（1995/2Standard）	任意（1995/2Standard）
高速拡張バス	推奨（PCI/VL）	推奨（PCI2.1/IEEE1394/CardBus）	推奨（PCI2.1/IEEE1394/CardBus）	IEEE1394 必須
CardBus	—	モバイル PC は必須	モバイル PC は必須	モバイル PC は必須
USB	—	1 ポート必須，2 ポート推奨	1 ポート必須，2 ポート推奨	2 ポート必須
IEEE1394	—	推奨	推奨	必須
入出力デバイス				
キーボード接続	必須	必須（USB 推奨）	必須（USB 推奨）	必須（USB/ワイヤレス推奨）
ポインティング・デバイス接続	必須，PS/2 推奨	必須（USB/ワイヤレス推奨）	必須（USB/ワイヤレス推奨）	必須（USB/ワイヤレス推奨）
ディスプレイ・アダプタ	VGA 640×480×8 ビット必須，1024×768×8 ビット推奨	800×600×16 ビット必須，LCD は 640×480×8 ビット可	1024×768×16 ビット必須	1024×768×16 ビット必須
ディスプレイ・モニタ	カラー必須（モービル PC は白黒 64 階調可），DDC1/2B（PnP）推奨	800×600，カラー，DDC2B（PnP），EDID 必須	800×600，カラー，DDC2B（PnP），EDID 必須	800×600，カラー，DDC2B（PnP），EDID 必須
MPEG-1 再生	—	必須	必須	必須
ハードウェア・アクセラレータ	—	任意	推奨（2D/3D）	必須（2D/3D）
オーディオ出力	推奨（22kHz，モノラル）	推奨（PC97 オーディオ）	推奨（PC97 オーディオ）	必須（PC97アドバンスト・オーディオ）
外部デバイス				
シリアル・ポート	必須（16550A 互換推奨，モービル PC は 16550A 互換必須）	任意（16550A 互換必須）	任意（16550A 互換必須）	任意（16550A 互換必須）
パラレル・ポート	必須（ニブル・モード必須，ECP推奨）	任意（ニブル・モード，ECP必須）	任意（ニブル・モード，ECP必須）	任意（ニブル・モード，ECP必須）
ワイヤレス機能（IR/RF）	推奨（IrDA）	推奨（IrDA）	推奨（IrDA）	推奨（IrDA）
モデム	（モービル PC は 14.4kbps 推奨）	推奨	ネットワーク・アダプタなければ必須	28.8kbps 必須，音声/データ推奨
ネットワーク・アダプタ	推奨	推奨（NDIS4.0 必須）	モデムなければ必須（NDIS4.0）	推奨（NDIS4.0 必須）
3.5 インチ FDD（1.44MB）	任意	任意（外部バス接続推奨）	任意（外部バス接続推奨）	任意（外部バス接続推奨）
HDD/CD-ROM のバスマスタリング	—	推奨	推奨	推奨
CD-ROM（ATA/SCSI）	推奨	任意（4 倍速以上）	任意（4 倍速以上）	任意（4 倍速以上）
DVD-ROM	—	任意（バス・マスタリング必須）	任意（バス・マスタリング必須）	任意（バス・マスタリング必須）

また，Windows 95 のもう一つの特徴としてパワー・マネジメントのサポートがあります．これは，携帯型パソコンの普及や，CO_2 削減など地球規模の環境問題解決のための省電力化の要求に応えるものです．Windows 95 ではパワー・マネジメントとして APM（Advanced Power Management）を採用しています．PC 97 では，高度なパワー・マネジメントを実現し，さらに OnNow 機能をサポートするための新技術として ACPI（Advanced Configuration and Power Interface）を採用しています．

PnP の実現のためには，Windows 95 に PnP 機能をもたせるだけでなく，パ

〈表1-2〉 Windows 95 ハードウェアデザインガイドの構成

第1部 設計の概要
第1章 PC 95
第2章 PnP イニシアチブ
第2部 ハードウェアの設計
第3章 デスクトップ PC 95
第4章 モービルハードウェア設計
第5章 システムデバイス
第6章 カードとバスの PnP
第7章 周辺機器の設計
第3部 BIOS の設計
第8章 システム BIOS の設計
第9章 オプション ROM の設計
第4部 付録
付録A リソースデータタイプファンクション
付録B デバイスID
付録C 用語集
付録D 関連情報
付録E ドッキングシステムの処理過程

ソコン本体側ではBIOSや各種のデバイス・ドライバ，マザーボード上のシステム・デバイスをPnP対応にすることが必要です．また，拡張ボードや周辺機器もPnP対応にしなければなりません．完全なPnPを実現するには，システムに存在するすべてのデバイスにPnP対応が要求されます．PC 95やPC 97でもPnP非対応デバイスの存在は許されますが，システムのPnP機能を妨げないように一定の要件を満たすことが必要です．なお，PnP非対応のデバイスを**レガシー・デバイス**と呼んでいます．また，パワー・マネジメントやOnNowの実現には，BIOSやデバイス・ドライバ，システム・デバイス，拡張ボードなどをAPM対応にするとともに，ACPI対応のマザーボード設計が必要になります．

② PC 95の概要――Windowsでの基本的な機能

Windows 95ハードウェアデザインガイドは9章の本文と付録から構成されており，PnPの概要，PC 95の基本システム，システム・デバイス，拡張バスとボード，周辺機器，BIOSおよびオプションROMが満たすべき要件が解説されています（**表1-2**）．

PC 95は1994年での最新のAT互換機の仕様を基本ベースとしており，それにPnPなどの実現に必要な機能を加えたものとなっています．基本システムやインターフェース，周辺機器などの仕様も，従来のAT互換機で広く使用されているデバイスをなるべく利用できるように定められています．従来のAT互換機のハードウェアのままでも，PnPなどの一部機能は使えませんが，CPUやメモリなどの最低条件を満たせばWindows 95は動作可能です．

PC 95では，パソコンはデスクトップPCとモービルPCの二つのタイプに分類されており，それぞれに対して必須機能と推奨機能が定義されています．必須機能だけを実装すればPC 95の最小ハードウェアとなります．デスクトップPCの中では，とくにマルチメディア・システム向けの推奨事項がまとめて定義されています．モービルPCに対しては，ドッキング・ステーションなどのモービルPCに特有の推奨機能が定義されています．

PC 95に必須のシステム・デバイスとしてVGAディスプレイ・アダプタ，ニブル・モード対応のパラレル・ポート，115.2 kbps対応のシリアル・ポート，何らかの**ポインティング・デバイス**があります．それ以外のシステム・デバイスとしては，フロッピディスク・コントローラ，ATA（IDE）アダプタ，SCSIホスト・アダプ

レガシー・デバイス

レガシー（Legacy）とは祖先から受け継いだ財産とか資産といった意味．豊かさや格式を連想させる語感がある．乗用車の車名にもなっているように，一般的には肯定的な意味で使う．

しかし，進歩が速く過去を切り捨てたがるこの業界では，どうやら否定的な意味で使っているように見える．単に過去の遺産というだけでなく，古くさいとか，邪魔な，という気持ちがにじみ出ているようである．

ポインティング・デバイス

画面上の一点を指し示すためのデバイス．また，単に指し示すだけでなく，その場所で何かの操作を行うために，1個～3個ぐらいの押しボタンがついているのが普通である．

一般的なポインティング・デバイスとしては，価格や使いやすさの点から，マウスが使われている．そのほかには，それほど多くは使われていないが，指やペン先で直接画面に触って指示できるタッチ・パネル，ペン先からレーザ光を出して画面上に赤い光点を描くライト・ペンなどもある．

ノート・パソコンでは本体から離れたポインティング・デバイスは使いにくいため，内蔵型で狭いスペースで操作できるものが工夫されている．トラック・ボールやタッチ・パッド，スティック型デバイスなどが用いられている．

タ，オーディオ，ネットワーク・アダプタ，キーボード・ポートについて述べられています．

PC 95では，拡張バスおよび拡張ボードとしてISA，EISA，PCI，VLバス，PCMCIA，MCA，アクセス・バスを想定しています．

PC 95の周辺機器としては，ディスプレイ・モニタ，SCSI周辺機器，ATA（IDE）周辺機器，マウスとキーボード，モデムなどシリアル・ポート周辺機器，プリンタなどパラレル・ポート周辺機器について述べられています．

③ PC 97の新機能――USBやIEEE1394，WDM，ACPIなど

PC 97はPC 95を基本ベースとして，さらに新機能を追加したものと言えます．PnPの強化やUSB，IEEE 1394の採用により，システム拡張はPC 95より一段と容易になりました．また，PC 95がWindows 95を対象としていたのに対して，PC 97はWindows 95とWindows NT4.0の両方を対象としています．このため，Windows 95向けの機能とWindows NT向けの機能を明確にするとともに，機能の共通化も進めています．PC 97で採用された新しい機能としては，WDM（Win32 Driver Model），OnNow，ACPI（Advanced Configuration and Power Interface）などがあります．

Windows 95とWindows 97はx86ベースのパソコンをターゲットとしていますが，Windows NTはx86だけでなく，RISCベースのワークステーションもターゲットに加えています．PC 97では，Windows 95はx86，Windows NTはx86およびRISCの両方のプロセッサで動作するように仕様が定められています．

従来はWindows 95用とWindows NT用のアプリケーションやデバイス・ドライバはそれぞれ別のコードで記述することが必要であり，システムの複雑さを増していました．しかし，Windows NT4.0ではWin32 API，OLE，ネットワーキング，ユーザ・インターフェースがWindows 95と共通化されたため，アプリケーションの共通化が可能になってきました．さらに，WDMの採用によってWindows 95とWindows NTのデバイス・ドライバの共通化が可能となります．

OnNowはパソコンをさらに使いやすくするための新しい技術です．OnNowを採用したパソコンは，ユーザがスイッチを入れれば即座に使用することができます．動作の必要がないときはほとんど電力を消費せずに待機し，電話の呼び出しやソフトウェアで設定された時刻アラームなどのイベントの発生で自動的に起動されます．

ACPIはOnNowや高度なパワー・マネジメントを実現するための新しいシステム・ボード設計技術です．また，ACPIによってシステムの温度管理やPnPのためのデバイス・コンフィギュレーションも実行できます．

Windows NT4.0

Windows NTは，Microsoft社がEWS（エンジニアリング・ワークステーション）や業務用クライアント・サーバ・システム向けに発売しているOS. NTはNew Technologyの略．従来のWindowsがx86ベースのPC向けOSであり，一部で16ビット・コードを引きずっているのに対して，Windows NTはCPUを選ばない完全32ビットOSとなっている．

ユーザ・インターフェースは従来のWindowsとよく似たものを採用しており，新バージョンのWindowsに少し遅れてWindows NTが発売されるというのが通例．Windows 3.1に対してWindows NT3.51, Windows 95に対してWindows NT4.0が発売され，さらにWindows 98に対してWindows NT5.0の発売が予定されている．

Microsoft社では，将来はWindowsとWindows NTを統合してひとつのOSにすることを目標として，APIなどの内部構造の共通化を進めてきた．Windows 98/NT5.0の次のWindowsでは，いよいよ統合が実現するのではないかと言われている．

④ PC 97の概要――用途ごとのPCターゲット

PC 97ハードウェアデザインガイドは22章の本文と付録から構成されており，OnNowとWDMの概要，PC 97の基本システム，バスとI/Oコントローラ，各種のデバイス（周辺機器）が満たすべき要件について解説されています（**表1-3**）．

PC 97では，パソコンはベーシックPC，ワークステーションPC，エンターテインメントPCの三つのタイプに分類されます．ベーシックPCにはパーソナル向けのベーシックPCとオフィス向けのベーシックPC，とくにマルチメディア機能を強化したマルチメディアPC，モバイルPCを含みます．ワークステーションPCは，ネットワーク，科学技術計算，オーサリング，ソフトウェア開発

など，従来UNIXワークステーションが主流を占めていた市場をターゲットとするものです．エンターテインメントPCは，ゲーム機や教育用マシン，情報家電，マルチメディア機器などに近いカスタムPCの市場をターゲットとするものです．

PC 97のハードウェア機能は必須，推奨，任意に分けられており，必須機能だけを実装したベーシックPC 97はPC 97の最小ハードウェアとなります．

PC 97のバスやI/Oインターフェースとしては，PCI，ISA，ATA（IDE）とATAPI，SCSI，PC Card（PCMCIA），CardBusについて述べられています．MCAやEISAも使用できますが，実際には市場から姿を消しつつあるため具体的には述べられていません．

さらに，新しいインターフェースとしてUSBとIEEE 1394が加わりました．USBとIEEE 1394は周辺機器インターフェースとして従来のパラレル・ポートやシリアル・ポートを置き換えるだけでなく，ISAなどの拡張バスの置き換えも想定しています．

PC 97のデバイス（周辺機器）としては，シリアル・ポート，パラレル・ポート，ワイヤレス（IRやRF），入力装置（マウスやキーボード），グラフィックス・アダプタ，ビデオ（ディスプレイ・モニタおよびMPEG，DVDなど），オーディオ，記憶装置（FDD，HDD，CD-ROM，DVDなど），モデム，ネットワーク装置，プリンタ，スキャナ，ディジタル・カメラについて述べられています．

〈表1-3〉 PC97 ハードウェアデザインガイドの概要

第1部 基本設計
- 第1章　PC 97の設計
- 第2章　PC 97用のOnNowとWDM

第2部 システム・タイプ
- 第3章　Basic PC 97
- 第4章　Workstation PC 97
- 第5章　Entertainment PC 97

第3部 バスとI/Oコントローラの設計
- 第6章　USB
- 第7章　IEEE1394
- 第8章　PCI
- 第9章　ISA
- 第10章　ATAとATAPI
- 第11章　SCSI
- 第12章　PC Card

第4部 デバイスの設計
- 第13章　シリアル，パラレル，およびワイヤレスのサポート
- 第14章　入力コンポーネント
- 第15章　グラフィックス・アダプタ
- 第16章　ビデオ・コンポーネント
- 第17章　オーディオ・コンポーネント
- 第18章　記憶装置および関連する周辺機器
- 第19章　モデム
- 第20章　ネットワーク・コミュニケーション
- 第21章　プリンタ
- 第22章　スキャナとディジタル・カメラ

第5部 付録
- 付録A　アイコン
- 付録B　デバイスID
- 付録C　ユーザー補助機能
- 付録D　レガシーI/O割り当て

パラレル・ポート

古くからあるプリンタ・ポート（セントロニクス仕様）を拡張したもので，もともとはパソコンからプリンタに対してデータを送り出すだけの単方向ポートだった．現在は，プリンタだけでなく，さまざまな周辺機器を接続するための双方向パラレル・ポートとなっている．

パラレル・ポートは長い間きちんとした規格がない状態で使われてきたが，双方向を実現する方法がさまざまで，混乱するようになってきた．そこで，コンピュータのネットワーク，インターフェースなどの規格化を精力的に進めていたIEEEにおいて，1994年にIEEE 1284として規格がまとめられた．

シリアル・ポート

RS-232-C（現EIA-232-E）に準拠した非同期シリアル通信ポート．パソコン本体はDTE側のインターフェースを装備しており，非同期専用のため信号線は8～9本ですむ．そのため，コネクタも9ピンD-SUBを採用している．

もともと，IBM PCやPC/ATには同期用と非同期用の2種類のシリアル通信ポートが用意されていました．同期用はBSCやSDLCなどのプロトコルをサポートした高機能ポートであり，非同期用は機能を限定した廉価版でした．ほとんどのAT互換機は廉価版の方しかサポートしなかったので，PC 98シリーズのように同期/非同期兼用のシリアル通信ポートをもつパソコンにくらべて見劣りするようになってしまった．

なお，RS-232-Cではモデム側のコネクタとして25ピンD-SUBを採用しているが，DTE側のコネクタは規定していない．したがって，AT互換機の9ピン・コネクタはRS-232-Cに違反しているわけではない．

第 1-2 章　Windows98 に対応したパソコンのハードウェア標準

PC98

〈名称〉

PC 98 System Design Guide (v. 1.0)

〈発行日〉

1997.9.5

〈発行者〉

Intel Corporation, Microsoft Corporation

〈書籍〉

（英語版）Microsoft Press 発行

（日本語版）日経 BP 社 発行

〈ファイルのダウンロード〉

（英語版）

http://developer.intel.com/design/PC98/index.htm

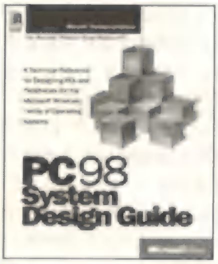
http://www.microsoft.com/hwdev/pc98.htm

〈情報入手先〉

http://www.intel.com

http://www.microsoft.com

Microsoft 社と Intel 社が決めた次世代 Windows 向けハードウェア仕様



Microsoft 社ではだれにでも簡単に使えるパソコンを目標として Windows の開発を進めてきました．その目標は OS やアプリケーションの変革だけでは実現できず，ハードウェア側の変革も必要となってきたことから，Windows 95 ハードウェアデザインガイド（1994），PC 97 ハードウェアデザインガイド（1996）によってパソコンおよび周辺機器メーカに対して次世代のパソコン像を提案してきました．

1997 年には，次期 Windows（Windows 98/NT5.0）の開発が進んできたことから，Microsoft 社は Intel 社と共同で，次期 Windows 向けに最適化したハードウェア仕様を解説した PC 98 システムデザインガイドを公開しました．

PC 98 システムデザインガイドは，1998 ～ 1999 年に発売される新しいパソコンを対象として，Windows 98/NT5.0 を最適に動作させることができるハードウェア仕様（PC 98）を解説したものです．この指針に準拠した Microsoft 社のハードウェア互換テストに合格した製品には，98 年版の「Designed for Microsoft Windows」ロゴを添付できます（1998 年 10 月以降の予定）．

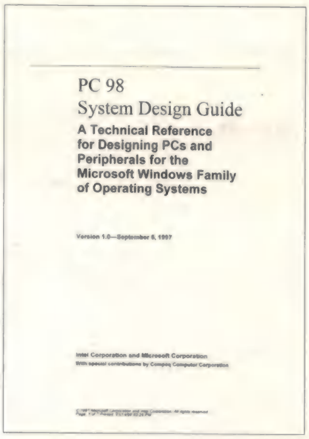
マルチメディア機能を強化する DirectX，DirectShow などを装備

PC 98 の仕様は基本的にはこれまでの PC 95, PC 97 の延長上にあり，PC 97 のアップグレードと位置づけられます．PC 98 で新たに登場した部分は少なく，PC 97 で提唱された技術を具体化したものとなっています．OnNow や ACPI

(Advanced Configuration and Power Interface), WDM (Win32 Driver Model) など, PC 98 や Windows 98/NT5.0 のキーポイントとなる新技術は, PC 97 で先取りされています.

また, マルチメディア機能を強化する DirectX, DirectShow などが Windows 98/NT5.0 には装備されますが, PC 98 の仕様もこれに対応するために, MMX CPU や 2D/3D ハードウェア・グラフィック・アクセラレータを採用して処理能力を強化しています.

一方, これまで AT 互換機が継承してきた PC/AT との互換性の部分は, PC 98 ではほとんどがオプションとされています. パソコンおよび周辺機器メーカは AT 互換の PC 98 を作ることもできますが, AT 互換ではない新しい PC 98 を作ることも可能となっています.


PC 98
System Design Guide
A Technical Reference for Designing PCs and Peripherals for the Microsoft Windows Family of Operating Systems

Version 1.0—September 5, 1997

Intel Corporation and Microsoft Corporation
With special contributions by Compaq Computer Corporation

① PC 98 の特徴── 200 MHz MMX Pentium が CPU の最低ライン

PC 98 のおもな仕様を**表 2-1** に示します.

PC 97 の仕様からもっとも目立って変化した点としては, CPU の最低ラインが MMX Pentium 200 MHz 相当に大幅にアップしたことです (PC 97 では Pentium 120 MHz 相当). これは, パソコン市場の動向を反映したものと言えます. 1996 年末には 150 MHz ～ 200 MHz の Pentium がデスクトップ PC 市場の主流でしたが, 1997 年末には 200 MHz ～ 300 MHz の MMX Pentium (Pentium II) が主流になっています.

また PC 97 は Windows 95/NT4.0 をおもなターゲットとしていますが, PC 98 がターゲットとする Windows 98/NT5.0 はマルチメディア機能を強化しており, 大きな CPU パワーを要求するためとも考えられます. さらに, PC 98 からは Intel 社が Microsoft 社と共同で仕様を作成するようになったので, その意向がより強く反映されているとも推測できます.

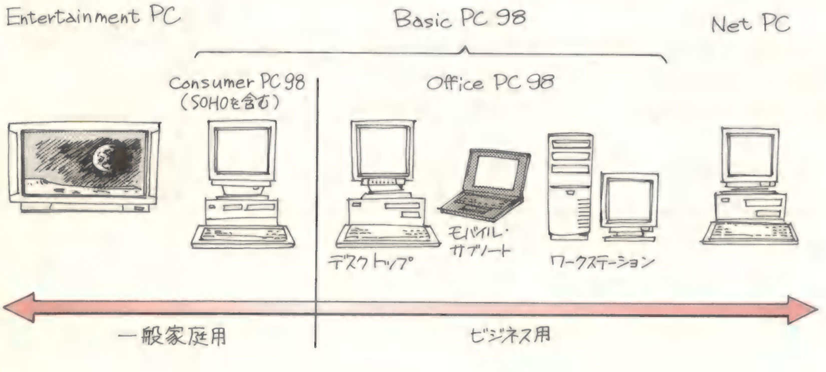
また, PC 98 でもうひとつ大きく変化した点としては, 拡張バスや周辺インターフェースの置き換えを積極的に進めることにより, 従来の AT 互換機が継承していた「**AT 互換**」の部分を大幅に減らしたということがあります. AT 互換機の象徴とも言える ISA, パラレル・ポート, シリアル・ポートなどは, 従来の拡張ボードや周辺機器を利用するために装備することはできますが, 必要とはされません. とくに, ISA スロットについては装備しないことを強く推奨しています. そして, これらに代わる標準インターフェースとして, PC 98 では USB の装備を必須にするとともに, PCI や IEEE 1394 の装備を推奨しています.

さらに, PCI などの拡張バスを用いずにパソコンの機能を拡張できるように,

AT 互換

ハードウェアおよび BIOS レベルでオリジナルの PC/AT に対して上位互換性をもち, PC/AT 用に作られた拡張ボード, 周辺機器, ソフトウェアがそのまま動作するということ.

もともとの PC/AT はビデオ・システム, ハードディスク, シリアル・ポートやパラレル・ポートなどの I/O ポートはオプションだったので, これらの仕様は本来は AT 互換の条件に含める必要はない. しかし, 現在ではほとんどの AT 互換機がこれらを標準装備しており, 一般にはこれらもすべて「AT 互換」の一部と考えられている.



〈表 2-1〉 PC98 の概要

	Basic PC 98		Entertainment PC 98
	Consumer PC 98	Office PC 98	
基本仕様			
CPU	MMX Pentium200MHz 必須（モバイル PC は 166 MHz，ミニノートは 133 MHz）	MMX Pentium200MHz 必須（モバイル PC は 166 MHz，ミニノートは 133 MHz，Workstation は Pentium II/Pro または RISC）	Pentium200MHz（MMX）必須
2 次キャッシュ（Pentium）	256 KB 必須	256 KB 必須（Workstation は 512 KB 必須）	256 KB 必須
RAM	32 MB/66MHz 必須（モバイル PC は 24 MB，ミニノートは 16 MB），64 MB 推奨	32 MB/66MHz 必須（モバイル PC は 24 MB，ミニノートは 16 MB，Workstation は 64 MB），64 MB 推奨	32 MB/66MHz 必須，64 MB 推奨
ACPI1.0	必須	必須	必須
OnNow 対応ハードウェア	必須	必須	必須
OnNow BIOS	必須	必須	必須
PnP BIOS	PnP BIOS 1.0a 必須	PnP BIOS 1.0a 必須	PnP BIOS 1.0a 必須
全デバイスが PnP 準拠	必須	必須	必須
コネクタ・アイコン	必須	必須	必須
PC 標準の低騒音化	必須	必須	必須
バスと I/O コントローラ			
ISA 拡張デバイスの標準装備	不可（スロット実装は可）	不可（スロット実装は可）	不可（スロットも不可）
PCCard（PCMCIA）	任意（1997/3Standard）	任意（1997/3Standard）	任意（1997/3Standard）
高速拡張バス	推奨（PCI2.1/IEEE1394/CardBus）	推奨（PCI2.1/IEEE1394/CardBus）	IEEE1394 必須
デバイス・ベイ	推奨	推奨	推奨
CardBus	モバイル PC は必須	モバイル PC は必須	モバイル PC は必須
USB	1 ポート必須，2 ポート推奨	1 ポート必須，2 ポート推奨	2 ポート必須
IEEE1394	推奨	推奨	2 ポート必須
スマート・カード	任意	推奨	任意
入出力デバイス			
キーボード接続	必須（USB 推奨）	必須（USB 推奨）	必須（USB/ワイヤレス必須）
ポインティング・デバイス接続	必須（USB/ワイヤレス推奨）	必須（USB/ワイヤレス推奨）	必須（USB/ワイヤレス必須）
ディスプレイ・アダプタ	1024×768×16 ビット必須（モバイル PC は 800×600×16 ビットまたは 1024×768×8 ビット）	1024×768×16 ビット必須（モバイル PC は 800×600×16 ビットまたは 1024×768×8 ビット）	1024×768×16 ビット必須
グラフィック・バス	高速バス必須（PCI2.1/AGP）	高速バス必須（PCI2.1/AGP）	AGP 必須
ディスプレイ・モニタ	DDC2B（PnP），EDID 必須	DDC2B（PnP），EDID 必須	DDC2B（PnP），EDID 必須
DVD-Video/MPEG-2 再生	DVD-ROM があれば必須	DVD-ROM があれば必須	必須
ハードウェア・アクセラレータ	任意	推奨（2D/3D，Workstation は必須）	必須（2D/3D）
オーディオ出力	推奨（PC98 オーディオ）	推奨（PC98 オーディオ）	必須（PC98 オーディオ）
外部デバイス			
シリアル・ポート	任意（16550A 互換必須）	任意（16550A 互換必須）	任意（16550A 互換必須）
パラレル・ポート	任意（ニブル・モード，ECP 必須）	任意（ニブル・モード，ECP 必須）	任意（ニブル・モード，ECP 必須）
ワイヤレス機能	推奨（IrDA）	推奨（IrDA）	推奨（IrDA）
モデム	33.6 kbps 必須，音声/データ推奨	推奨（33.6 kbps 必須）	33.6 kbps 必須，音声/データ推奨
ネットワーク・アダプタ	推奨（NDIS5.0 必須）	必須（NDIS5.0）	推奨（NDIS5.0 必須）
3.5 インチ FDD（1.44 MB）	任意（外部バス接続推奨）	任意（外部バス接続推奨）	任意（外部バス接続推奨）
HDD/CD-ROM のバス・マスタリング	必須	必須	必須
CD-ROM（ATA/SCSI）	任意（8 倍速以上）	任意（8 倍速以上）	任意（8 倍速以上）
DVD-ROM	任意	推奨	必須

新たにデバイス・ベイの規格を提唱しています．パソコンの機能拡張の方法として従来は拡張バスが用いられてきましたが，これはWindowsシリーズが目標としているだれでも簡単に使えるパソコンの実現の妨げとなっています．

ISAにしてもPCIにしても，拡張ボードの取り付けや取り外しには本体のケースを開けたり，カード・エッジ・コネクタを確実に接続する専門的な作業が必要です．ユーザがむき出しの接点や回路部分に触れたり，壊したりする危険が多いという問題もあります．PnPの実現により拡張ボード上のハードウェアを操作する必要はなくなりましたが，これらの問題は残されたままです．

また，拡張ボードの取り付けや取り外しは電源を切って行わなければならないため，OnNowの実現の妨げにもなります．PC 98では，このような拡張バスに代えて，だれでも簡単に取り付けや取り外しができるデバイス・ベイを推奨しています．デバイス・ベイの電気的インターフェースとしては，USBやIEEE 1394を採用しており，電源を入れたままデバイスの取り付けや取り外しができます．

② PC 98の概要—— Basic PC, Workstation PC, Entertainment PC

PC 98システムデザインガイドは22章の本文と付録から構成されており，OnNow, ACPI，デバイス・ベイ，DirectXなどの新技術の概要，PC 98の基本システム，バス，I/Oポートと各種のデバイス（周辺機器）が満たすべき要件について解説されています（**表2-2**）．

PC 98では，パソコンはベーシックPC，ワークステーションPC，エンターテインメントPCの三つのタイプに分類されます．ベーシックPCにはパーソナ

〈表2-2〉PC98システムデザインガイドの概要

第1部	**システム設計**
第1章	PC 98の設計
第2章	PC 98設計のイニシアチブ
第2部	**PC 98システム**
第3章	Basic PC 98
第4章	Workstation PC 98
第5章	Entertainment PC 98
第6章	Mobile PC 98
第3部	**バス設計の指針**
第7章	USB
第8章	IEEE1394
第9章	PCI
第10章	IDEとATAPI
第11章	SCSI
第12章	PC Card
第4部	**デバイス設計の指針**
第13章	I/Oポートとデバイス
第14章	グラフィックスアダプタ
第15章	ビデオおよび受信コンポーネント
第16章	モニタ
第17章	オーディオコンポーネント
第18章	記憶装置および関連する周辺機器
第19章	モデム
第20章	ネットワークコミュニケーション
第21章	プリンタ
第22章	スキャナとデジタルカメラ
第5部	**付録**
付録A	アイコン
付録B	デバイスID
付録C	ユーザー補助機能
付録D	レガシー・サポート
付録E	ネットワークPCシステム設計の指針
付録F	PC 98仕様のチェックリスト

ル向けのベーシック PC とオフィス向けのベーシック PC，とくにマルチメディア機能を強化したマルチメディア PC，モバイル PC を含みます．ネットワーク PC については，将来の事項として付録で取り扱われています．

PC 98 のハードウェア機能は必須，推奨，任意に分けられており，必須機能だけを実装したベーシック PC 98 は PC 98 の最小ハードウェアとなります．

PC 98 のバスとしては，USB, IEEE 1394 PCI, ATA (IDE) と ATAPI, SCSI, PC Card (PCMCIA) について述べられています．ISA については付録で取り扱われており，ISA スロットの実装は一応許されますが，実装しないことが推奨されています．また，ISA 拡張デバイスを標準装備することは許されていません．

PC 98 の I/O ポートとしては，シリアル・ポート，パラレル・ポート，マウスやキーボード，ゲームパッド，ワイヤレス (IR や RF) などについて述べられています．PC 97 まではシリアル・ポート，パラレル・ポート，マウスやキーボードなど個別機能ごとの I/O ポートが必須とされていましたが，PC 98 ではこれらは必須ではなくなっています．これらのポートに相当する機能は PC 98 でも必須ですが，個別ポートを用いるかわりに USB や IEEE 1394 を用いて実現することが推奨されています．

PC 98 のデバイスとしては，グラフィックス・アダプタ，ビデオおよびテレビ受信の機能 (MPEG-2, DVD など)，ディスプレイ・モニタ，オーディオ，記憶装置 (FDD, HDD, CD-ROM, DVD など)，モデム，ネットワーク装置，プリンタ，スキャナ，ディジタル・カメラなどについて述べられています．

ネットワーク PC

ハードディスクなどにアプリケーション・プログラムを保存しておくかわりに，必要なときに必要なアプリケーション・プログラムをネットワークからダウンロードして動作させるという新しい発想のパソコン．

もともと，Sun Microsystems 社がネットワーク・コンピュータ (NC) として提唱したもので，それに対抗して Microsoft 社が提唱しているのがネットワーク PC である．

トランジスタ技術 SPECIAL No.50 好評発売中

特集 フレッシャーズのための電子工学講座 B5 判 176 頁 1,835 円(税込)

電磁気学の基礎から電子回路の設計，製作までをやさしく解説

近年，あまりにエレクトロニクスの進歩が速いので，実際の製品の技術と基礎的な技術との差が広がっています．設計ツールは用意されているものの，いきなり製品設計をさせられるフレッシャーズにとって，基礎的な技術の知識がたいへん重要になってきました．そこで，今回は，エレクトロニクス技術者ならばかならず一度は通過する，避けては通れないエレクトロニクスの基礎の基礎をやさしく解説します．そのため，本文中にでてくるテクニカル・タームや言葉足らずのところを補うように，用語解説や補足説明を入れました．ご活用ください．

第 1 章 **電子工学で使う単位とその功労者たち** (アナログ回路の分野では)
第 2 章 **電磁気理論の体系化と諸法則** (電流と磁気のかかわり合いを理解しよう)
第 3 章 **基礎的な交流回路と数学的な裏付け** (交流理論，ひずんだ波形の解析，過渡現象などを整理しよう)
第 4 章 **回路網理論と解析のテクニック** (回路網をマトリクスを使って理解しよう)
第 5 章 **ダイオード，トランジスタ，FET の使い方** (半導体を使った基礎的な回路が設計できるようになろう)
第 6 章 **半導体を使った増幅回路の設計法** (バイアスの方法や接地のしかたを理解しよう)
第 7 章 **回路に要求される機能とその役割り** (ラジオ受信器にみる回路機能の動作を整理しよう)
第 8 章 **基礎的/代表的な回路とその構成法** (自力でものを作り，自力で修理できるようになろう)
第 9 章 **非線形回路の理論とその特性** (非線形の欠点を知って設計で応用できるようにしよう)
第 10 章 **電波の利用法とその放射のしかた** (効率よく電波を放射する方法や不要放射の抑え方を理解しよう)
第 11 章 **受動部品の常識と使用上のポイント** (現実の部品が理想部品と異なっていることを認識しよう)
第 12 章 **機器設計と実装のテクニック** (実装された現実の回路と紙上の回路をくらべてみよう)

CQ出版社 〒170-8461 東京都豊島区巣鴨 1-14-2 販売部 ☎ (03) 5395-2141 振替 00100-7-10665

第1-3章　IBM社のパソコンに採用されたことから飛躍的に発展した拡張バス

ISA

〈名称〉

Industrial Standard Architecture

〈発行日〉

1984.3 (first)

1986.3 (revised)

〈発行者〉

International Business Machines Corporation

〈技術資料〉

Technical Reference Personal Computer AT, First Edition 1502243

Technical Reference Personal Computer AT, Revised Edition 6280099

IBM社のパソコンに採用されたシステム・バス

ISAはもともと1981年にIBM社から発売されたIBM PCのシステム・バスから発展したものです．IBM PC（および後継機のPC/XT）はCPUとして内部16ビット/外部8ビットの8088を採用しており，システム・バスも8ビットでした．1984年に80286マシンのIBM PC/ATが発売され，システム・バスも16ビットに拡張されました．現在は，16ビットのATバスをISAと呼ぶことが多いようです．またXTバスを8ビットISA，ATバスを16ビットISAと呼ぶ場合もあります．

IBM社はIBM PCやPC/ATの詳細な仕様を無償で公開するというオープン・アーキテクチャ路線をとっていました．そのため拡張ボード，周辺機器，ソフトウェアなどがサードパーティから豊富に供給されるとともに，PC本体の互換機も多数のメーカから発売されて市場で大きなシェアを占めました．IBM PCやPC/ATのアーキテクチャは事実上の業界標準（デファクト・スタンダード）となり，ISA（アイサ）(Industrial Standard Architecture）と呼ばれるようになりました．

現在のPC市場でもAT互換機が圧倒的に主流を占めています．初期のAT互換機はオリジナルのPC/ATと100%互換のいわゆるクローンでしたが，現在の

PC/ATの外観

AT互換機はさまざまに改良や機能拡張を加えた上位互換機となっています．たとえばCPUについては，オリジナルPC/ATの80286から386，486，Pentium，Pentium Pro，Pentium IIと処理速度を大幅に向上させてきました．しかしISAについては，既存の拡張ボードやソフトウェアとの互換性の要求が強かったため，初期のATバスと仕様は基本的に変わっていません．

このため，ISAの転送速度ではシステムの高速化に追いつけなくなり，ISAに代わる高速バスがISAと併用されてきました．486CPUの時代には，ISA上位互換の高速バスとしてEISA（イーアイサ）が普及しました．現在ではPCIをISAと併用するのが一般的であり，一部にはISAスロットを装備しないパソコンもあらわれてきました．

また，ISAは転送速度が低いだけでなく，I/Oアドレスや割り込み，DMAなどのリソースが限られており，リソース設定を自動化するための手順も決まっていないという問題があります．とくに，Windows 95ではOSレベルでリソースを自動設定するPnP（プラグ&プレイ）を全面的に採用しましたが，ISAはPnP実現の大きな障害となっています．

Microsoft社では，AT互換機でPnPを実現するための拡張仕様としてPlug and Play ISA Specificationを定めています．PC 97やPC 98ではISA拡張ボードはPnPへの対応が必須とされています．さらに，PC 97ではISA拡張ボードを標準装備しないことを推奨し，PC 98ではISA拡張スロットも装備しないことを推奨しています．

EISA

IBM社が開発した32ビット高速バスのMCA（Micro Channel Architecture）に対抗して，Compaq社などのAT互換機メーカが連合して開発した32ビット高速バス．イーサまたはエイサと読む（ISAはアイサ）．

MCAとEISAの争いは，パソコン史上に残る名勝負と言われているが，結局はEISAを採用したAT互換機が勝ちを収めた．といっても，EISAそのものが優れていたわけではなくて，その後に新しい32ビット高速バスとしてPCIが登場すると，EISAは次第に消えていった．

ISAバス基板を構成するいろいろな仕様

AT互換機はさまざまに改良や機能拡張が加えられてきましたが，ISAの部分の仕様は基本的に変わっていません．1984年にIBM社から公開されたPC/ATの技術資料がISAのリファレンスです．ただし，現在では入手しにくいので，後述の文献が参考になります．

①システム構成（図3-1）

オリジナルのPC/ATのシステムはCPU（80286），ローカル・バス，ローカル・デバイス（80287など），システム・バス（ISA），各種のシステム・デバイスから構成されています．接続されるデバイスが多いため，システム・バスはバッファを介して外部バス，内部バスの2段構成となっています．

外部バスにはDRAMと拡張バス（IBM社ではI/Oチャネルと呼ぶ）が接続されます．内部バスにはROM，タイマ（8253相当），割り込みコントローラ（8259相当），DMAコントローラ（8237相当），キーボード・コントローラ（8042相当），バッテリ・バックアップ付きのリアルタイム・クロック＋メモリ（IBM社ではCMOSと呼ぶ）など，マザーボード上のシステム・デバイスが接続されます．アドレス/データ・バッファやこれらのシステム・デバイスは，現在のAT互換機ではチップ・セットとして2～3個のLSIにまとめられるのが普通です．

シリアル・ポート，パラレル・ポート，フロッピディスク・コントローラ，ハードディスク・コントローラ，グラフィック・コントローラなど，現在では一般にマザーボード上に標準搭載されるデバイスも，オリジナルのPC/ATでは拡張ボード上に搭載されていました．このため，拡張バスは8スロット（16ビットISA×6，8ビットISA×2）とスロット数が多くなっています．

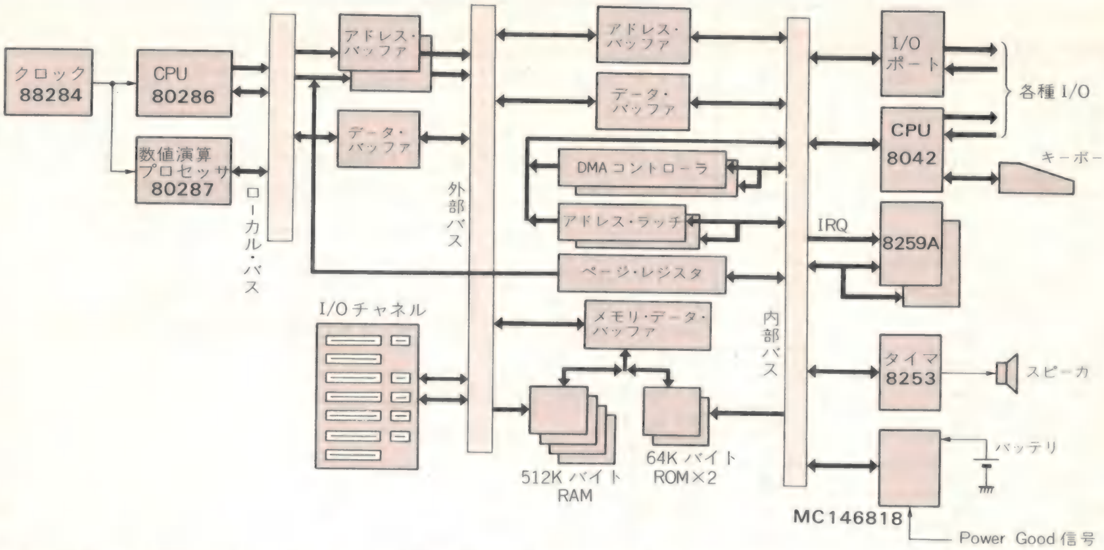
拡張バスの仕様としてはボード・サイズ，コネクタ，ピン配列，信号線定義，

チップ・セット

1個のLSIでは機能が収まりきらなくて，2個以上のLSIを組み合わせて一つの機能を実現するものを一般にチップ・セットという．AT互換機では，ISAなどのバス・コントローラ，DRAMコントローラ，IDEインターフェース，割り込み/DMAコントローラなど，どのパソコンにも共通して必要なCPU周辺の機能を2～3個のLSIにまとめたものをチップ・セットと呼ぶようになった．

LSIの集積度の向上にともなって，チップ・セットに収められる機能も次第に増加してきた．最近では，従来のチップ・セットの機能を1個のLSIに収めたようなものも出てきたので，チップ・セットという呼び方も再検討すべき時期かもしれない．

〈図 3-1〉IBM PC/AT のブロック図



電気的仕様などが規定されています．これらの規定に従っていれば，拡張ボード上に搭載するデバイスの制限はありません．また，CPU と拡張ボード間でのデバイスの認識方法やデータ転送の手順などについても規定はありません．

②信号線定義（表 3-1）

XT バス（8 ビット・バス）互換の 62 ピン・コネクタと，AT バスで拡張された 36 ピン・コネクタに分かれています．

62 ピン・コネクタにはデータ・バスの下位 8 ビット，アドレス・バスの下位 20 ビット，メモリ・リード/ライト，I/O リード/ライト，割り込み要求，DMA 要求/アクノリッジ，クロック，リセットなどの信号があります．信号名の前の－は負論理を示します．

8088 マシンの PC/XT では，アドレスとデータがマルチプレクスされており，マザーボード上で BALE の立ち上がりでアドレスをラッチしてデータと分離しています．PC/AT や AT 互換機では CPU は変わっていますが，拡張バスはそれと同等の仕様を引き継いでいます．

36 ピン・コネクタにはデータ・バスの上位 8 ビット，アドレス・バスの上位 7 ビット，拡張メモリ領域のリード/ライト信号，割り込み要求や DMA 要求/アクノリッジの拡張分などがあります．

③割り込みと DMA（表 3-2）

PC/AT は 16 レベルの割り込みチャネルと 7 レベルの DMA チャネルをもちます．このうち，IRQ15 ～ IRQ14, IRQ12 ～ IRQ9, IRQ7 ～ IRQ3 の 11 本の割り込みと，7 レベルの DRQ のすべてが拡張バスに引き出されています．ただし，オリジナルの PC/AT では用途が決められたものや予約されたものが多く，ユーザの利用は制限されています．

Windows 95 では，PnP によってこれらの割り込み，DMA のリソースを OS が管理し，自動的にデバイスに割り当てるようになっています．

予約

ハードウェア製品やソフトウェア製品を開発したメーカが，現在は使っていないピンやアドレスでも，将来の製品で使う予定があるので勝手に使用しないようにとほかのメーカやユーザに呼びかけること．

もちろん，当初は使う予定があって予約した部分でも，予定が変わって結局何にも使われなかったというのはよくあることである．

〈表 3-1〉 ISA の信号線

信号名*	ピン番号**	方向***	機　能
62ピン・コネクタ（XTバスと互換）			
SA19～SA0	A12～A31	i/o	アドレス・バス（下位20ビット），ALEの立ち上がりでラッチされている
SD7～SD0	A2～A9	i/o	データ・バス（下位8ビット）
BALE	B28	out	バッファされたALE信号
－SMEMW	B11	out	メモリ・ライト・ストローブ（1Mバイト空間のアクセス時のみアクティブ）
－SMEMR	B12	out	メモリ・リード・ストローブ（1Mバイト空間のアクセス時のみアクティブ）
－IOW	B13	i/o	I/Oライト・ストローブ
－IOR	B14	i/o	I/Oリード・ストローブ
－I/O CH CK	A1	in	メモリまたはI/Oサイクルのパリティ・エラー検出
－I/O CH RDY	A10	in	メモリまたはI/Oサイクル完了，低速デバイスに合わせサイクル延長
0WS	B8	in	メモリまたはI/Oサイクルにゼロ・ウェイトで応答（XTバスではCard Selected）
－Refresh	B19	i/o	DRAMリフレッシュ
IRQ9	B4	in	割り込み要求（XTバスではIRQ2）
IRQ7～IRQ3	B21～B25	in	割り込み要求
DRQ3	B16	in	DMA要求
－DACK3	B15	out	DMAアクノリッジ
DRQ2	B6	in	DMA要求
－DACK2	B26	out	DMAアクノリッジ
DRQ1	B18	in	DMA要求
－DACK1	B17	out	DMAアクノリッジ
AEN	A11	out	バス開放
T/C	B27	out	DMA終了
RESET DRV	B2	out	システム・リセット
CLK	B20	out	システム・クロック，6/8MHz，デューティ50%
OSC	B30	out	14.31818MHz，デューティ50%，カラー・バースト信号発生用
+5V	B3，B29	－	電源
－5V	B5	－	電源
+12V	B9	－	電源
－12V	B7	－	電源
GND	B1，B10，B31	－	グラウンド
36ピン・コネクタ（ATバスで拡張）			
LA23～LA17	C2～C8	i/o	アドレス・バス（上位7ビット，A19～A17は重複），ラッチされていない
SD15～SD08	C18～C11	i/o	データ・バス（上位8ビット）
SBHE	C1	i/o	データ・バス上位8ビットの使用時にアクティブ
－MEMW	C10	i/o	メモリ・ライト・ストローブ（すべてのメモリ・サイクルでアクティブ）
－MEMR	C9	i/o	メモリ・リード・ストローブ（すべてのメモリ・サイクルでアクティブ）
－MEM CS16	D1	in	16ビット・メモリ・サイクルに1ウェイトで応答
－I/O CS16	D2	in	16ビットI/Oサイクルに1ウェイトで応答
IRQ15～IRQ14	D6～D7	in	割り込み要求
IRQ12～IRQ10	D5～D3	in	割り込み要求
DRQ7	D15	in	DMA要求
－DACK7	D14	out	DMAアクノリッジ
DRQ6	D13	in	DMA要求
－DACK6	D12	out	DMAアクノリッジ
DRQ5	D11	in	DMA要求
－DACK5	D10	out	DMAアクノリッジ
DRQ0	D9	in	DMA要求
－DACK0	D8	out	DMAアクノリッジ
－MASTER	D17	in	拡張ボード上でのバス開放コントロール
+5V	D16	－	電源
GND	D18	－	グラウンド

*　：信号名の前の－は負論理を示す
**　：拡張ボードのピン番号
***　：マザーボード側から見た信号の方向
in ：拡張ボードからマザーボードへの入力，out：マザーボードから拡張ボードへの出力，i/o：双方向

〈表3-2〉PC/ATの割り込みとDMA

チャネル	コントローラ	拡張バス	割り込み要因	優先レベル
NMI		−	パリティ・エラーなど	↑ 高
IRQ0	マスタ	−	タイマ	
IRQ1		−	キーボード	
IRQ2		−	カスケード（スレーブ8259）	
IRQ8	スレーブ	−	リアルタイム・クロック	
IRQ9		B4	PC/XTのIRQ2	
IRQ10		D3	利用可（予約）	
IRQ11		D4	利用可（予約）	
IRQ12		D5	利用可（予約）	
IRQ13		−	80287	
IRQ14		D7	ハードディスク	
IRQ15		D6	利用可(予約)	
IRQ3	マスタ	B25	シリアル・ポート2	
IRQ4		B24	シリアル・ポート1	
IRQ5		B23	パラレル・ポート2	
IRQ6		B22	フロッピディスク	
IRQ7		B21	パラレル・ポート1	↓ 低

(a) 割り込みチャネル

チャネル	コントローラ	拡張バス	用　途	転送データ幅
DRQ0	DMC1	D9	利用可（リフレッシュ）	8ビット
DRQ1		B18	SDLC	8ビット
DRQ2		B6	フロッピディスク	8ビット
DRQ3		B16	利用可（予備）	8ビット
DRQ4	DMC2	−	カスケード（DMAC1）	−
DRQ5		D11	利用可（予備）	16ビット
DRQ6		D13	利用可（予備）	16ビット
DRQ7		D15	利用可（予備）	16ビット

(b) DMAチャネル

④アドレス・マップ（表3-3）

8088マシンのPC/XTは20ビットのメモリ・アドレスをもち，メモリ空間は1Mバイトでした．このうち，00000H～9FFFFHの640Kバイトが RAM 領域となっています．80286マシンのPC/ATは24ビットのメモリ・アドレスをもち，メモリ空間は16Mバイトに拡大されましたが，ソフトウェア互換性のためメモリ・マップの下位1Mバイト分はPC/XTと同様の配置となっています．

また，PC/XTは16ビットのI/Oアドレスをもち，本来は64Kバイトの広いI/O空間をもちます．しかし，I/Oアドレスの下位10ビットしかデコードしないデバイスが多いため，実際には1Kバイトの範囲しか利用できませんでした．また，1Kバイトの範囲は用途が決められた部分や予約された部分が多く，ユーザにはほとんど開放されていません．PC/ATやその後のAT互換機では，16ビット・フルデコードを用いることが多くなり，利用可能なI/O空間が拡大されました．

Windows 95では，PnPによってI/O空間も管理しており，自動的にデバイスに割り当てるようになっています．

⑤電気的仕様（図3-2）

入出力信号はTTLレベルで大部分の信号はバッファされています．実際には，最近のAT互換機ではこれらの回路は1チップのLSIで実現されるようになっ

TTLレベル

ディジタル信号の出力が$V_{OH} \geqq$ 2 V，$V_{OL} \leqq$ 0.8 Vで，入力が$V_{IH} \leqq$ 2.4 V（または2.8 V），$V_{IL} \leqq$ 0.4 V（または0.5 V）の信号レベルのこと．Hi側，Lo側とも最悪0.4 Vのノイズ・マージンがある．

IBM PCやPC/ATの頃は，実際の回路もLSやALSなどのTTL ICで作られており，まさにTTLレベルそのものだった．最近のディジタル回路は，TTL ICの信号レベルに入出力特性を合わせたCMOS LSIで構成されている．

ています．

XT バスのデータ転送のタイミングはほぼ 8088 そのものです．AT バスもそれに従っていますが，16 ビット・バスのため 1 サイクルに 2 バイトのデータ転送ができます．

⑥ボード・サイズとコネクタ（図 3-3）

ISA 拡張ボード（IBM 社ではアダプタと呼ぶ）には，標準サイズ（333.5 ×

〈表 3-3〉PC/AT のアドレス・マップ

アドレス	
000000H	RAM 512 Kバイト
080000H	拡張ボードRAM 128 Kバイト（オプション）
0A0000H	VRAM 128 Kバイト（オプション）
0C0000H	拡張ボードROM 128 Kバイト（オプション）
0E0000H	ROM-BIOS（予約）
0F0000H	ROM-BIOS
100000H	拡張メモリ
FE0000H	スタートアップROM-BIOS（予約）
FF0000H	スタートアップROM-BIOS

(a)メモリ・マップ

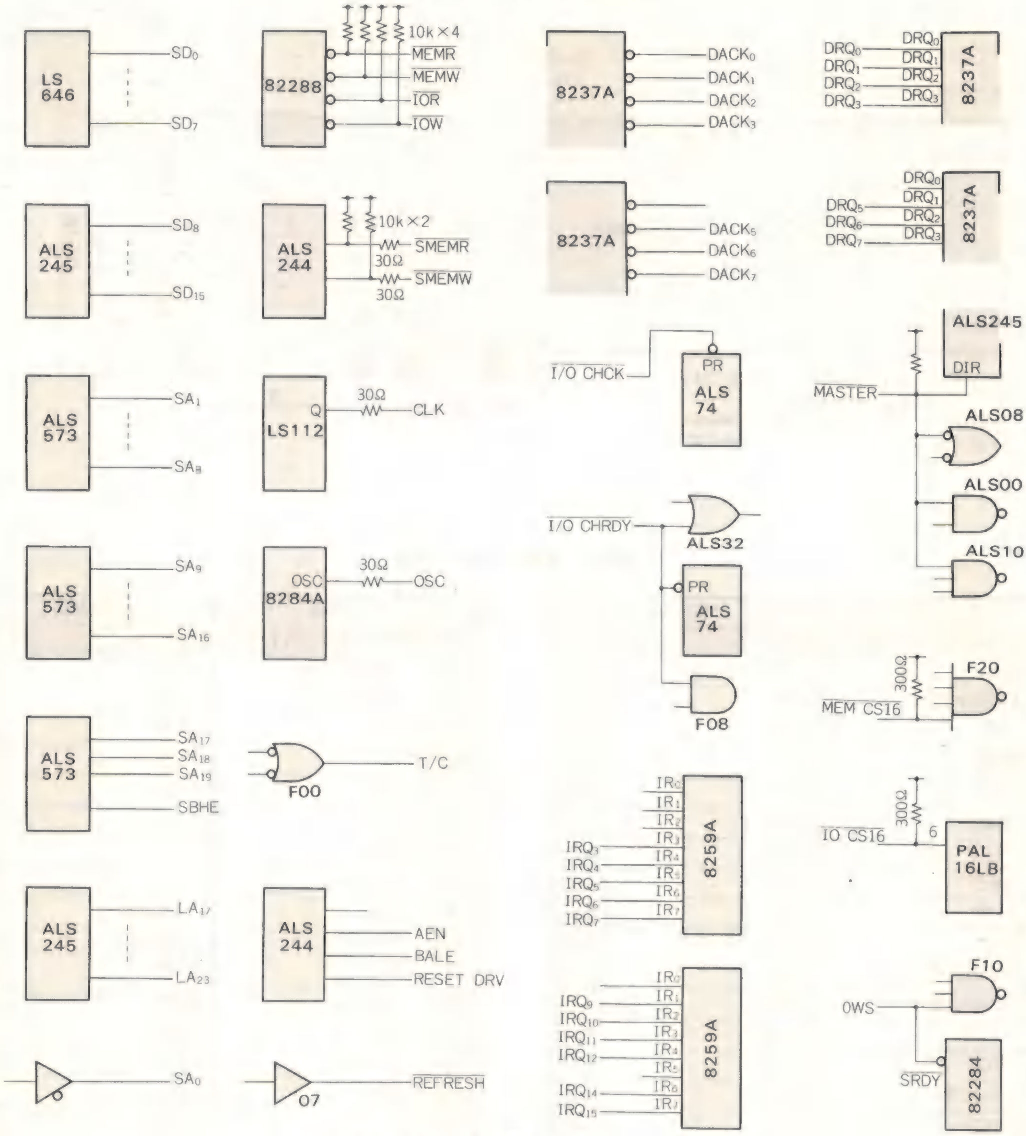
アドレス	
0000H	システム・ボードが使用（16ビット・デコード）
0100H	拡張ボードが使用（10/16ビット・デコード）
0400H	空き
0500H	イメージまたは空き（10ビット・デコード部分はイメージ）
0800H	空き
0900H	イメージまたは空き（10ビット・デコード部分はイメージ）
FC00H	空き
FD00H	イメージまたは空き（10ビット・デコード部分はイメージ）
FFFFH	

(b) I/Oマップ（概要）

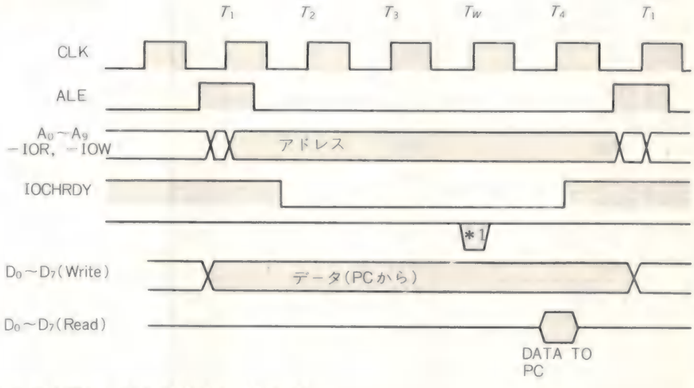
I/Oアドレス	デバイス
システム・ボード・デバイス	
0000H～001 FH	DMAC1
0020H～003 FH	マスタ8259
0040H～004 FH	タイマ
0060H～006 FH	キーボード・コントローラ
0070H～007 FH	RTC，NMIマスクなど
0080H～009 FH	DMAページ・レジスタ
00A0H～00 BFH	スレーブ8259
00C0H～00 DFH	DMAC2
00F0H～00 FFH	80287
拡張ボード・デバイス	
01F0H～01 F8H	ハードディスク・コントローラ
0200H～0207 H	ゲームI/O
0278H～027 FH	パラレル・ポート2
02F8H～02 FFH	シリアル・ポート2
0300H～031 FH	プロトタイプ・カード
0378H～037 FH	パラレル・ポート1
0380H～03 AFH	SDLC，Bisync
03B0H～03 BFH	モノクロ・ディスプレイ
03D0H～03 DFH	カラー・グラフィックス・アダプタ
03F0H～03 F7H	フロッピディスク・コントローラ
03F8H～03 FFH	シリアル・ポート1

(c) I/Oアドレス割り当て

〈図 3-2〉[5] ISAバスの電気的仕様



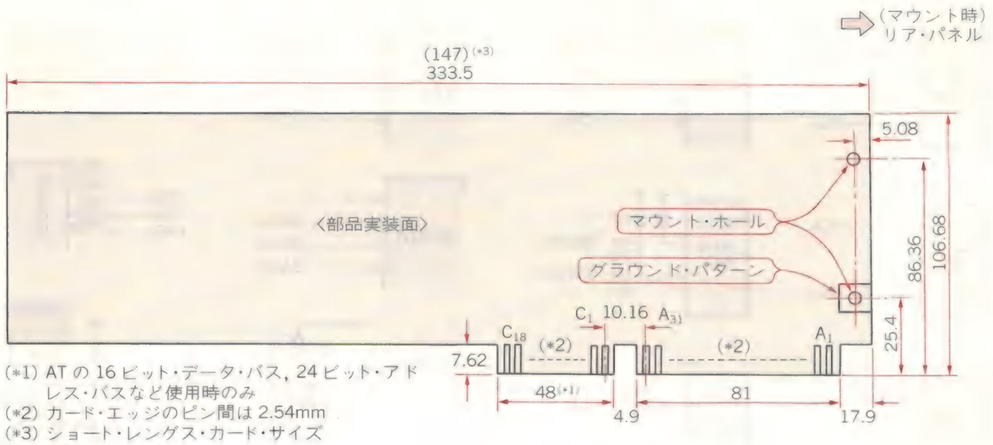
(a) I/Oチャネル入出力デバイス



遅い入出力装置の場合は，T_WサイクルのCLKの立ち上がりに同期してIOCHRDYを"L"にすることによりウェイト・サイクルを追加できる．
1ウェイト・サイクルはPC内部で自動的に挿入される．

(b) IBM PCの62ピンI/Oチャネルの基本タイミング

〈図 3-3〉 PC/AT のアダプタ・ボードの外形寸法



(*1) AT の 16 ビット・データ・バス, 24 ビット・アドレス・バスなど使用時のみ
(*2) カード・エッジのピン間は 2.54mm
(*3) ショート・レングス・カード・サイズ

〈表 3-4〉 拡張バスのピン配置

はんだ面		部品面	
62ピン・コネクタ（XTバスと互換）			
B1	GND	−I/O CH CK	A1
B2	RESET DRV	SD7	A2
B3	+5V	SD6	A3
B4	IRQ9	SD5	A4
B5	−5V	SD4	A5
B6	DRQ2	SD3	A6
B7	−12V	SD2	A7
B8	0 WS	SD1	A8
B9	+12V	SD0	A9
B10	GND	−I/O CH RDY	A10
B11	−SMEMW	AEN	A11
B12	−SMEMR	SA19	A12
B13	−IOW	SA18	A13
B14	−IOR	SA17	A14
B15	−DACK3	SA16	A15
B16	DRQ3	SA15	A16
B17	−DACK1	SA14	A17
B18	DRQ1	SA13	A18
B19	−Refresh	SA12	A19
B20	CLK	SA11	A20
B21	IRQ7	SA10	A21
B22	IRQ6	SA9	A22
B23	IRQ5	SA8	A23
B24	IRQ4	SA7	A24
B25	IRQ3	SA6	A25
B26	−DACK2	SA5	A26
B27	T/C	SA4	A27
B28	BALE	SA3	A28
B29	+5V	SA2	A29
B30	OSC	SA1	A30
B31	GND	SA0	A31

はんだ面		部品面	
36ピン・コネクタ（ATバスで拡張）			
D1	−MEM CS16	SBHE	C1
D2	−I/O CS16	LA23	C2
D3	IRQ10	LA22	C3
D4	IRQ11	LA21	C4
D5	IRQ12	LA20	C5
D6	IRQ15	LA19	C6
D7	IRQ14	LA18	C7
D8	−DACK0	LA17	C8
D9	DRQ0	−MEMR	C9
D10	−DACK5	−MEMW	C10
D11	DRQ5	SD08	C11
D12	−DACK6	SD09	C12
D13	DRQ6	SD10	C13
D14	−DACK7	SD11	C14
D15	DRQ7	SD12	C15
D16	+5V	SD13	C16
D17	−MASTER	SD14	C17
D18	GND	SD15	C18

106.68 mm）と短縮サイズ（147 × 106.68 mm）があります．最近は高機能 LSI や高密度実装による回路の小型化が進んだことから，短縮サイズのボードが多くなっています．また，1 枚のボードに複数の異なるデバイスを搭載した多機能ボードも作られています．

コネクタは 2.54 mm ピッチのカード・エッジで，XT バス互換の 62 ピン・コネクタと PC/AT で拡張された 36 ピン・コネクタが並べられています．旧型の 8 ビット・ボードも利用可能な仕様になっています．

どちらのコネクタも両面に信号ピンが配置されます．62 ピン・コネクタは表側（部品面）が A1 ～ A31，裏側（はんだ面）が B1 ～ B31 とピン番号が付けられています．36 ピン・コネクタは表側（部品面）が C1 ～ C18，裏側（はんだ面）が D1 ～ D18 とピン番号が付けられています．

カード・エッジ
プリント基板の端の部分の基板パターンをコネクタのコンタクト（接点）として利用する方法．もちろん，カード・エッジを受け入れる側には，コネクタとコンタクトが用いられる．
ちゃんとしたコネクタは片側だけですむので，低価格でできるのが最大の特徴．多ピンのコネクタを安価に実現する方法として，DRAM（SIMM）の接続や，ISA や PCI などの拡張バスの接続に用いられている．

⑦拡張ボードのピン配置（表 3-4）

ISA 拡張ボードのピン配置を示します．

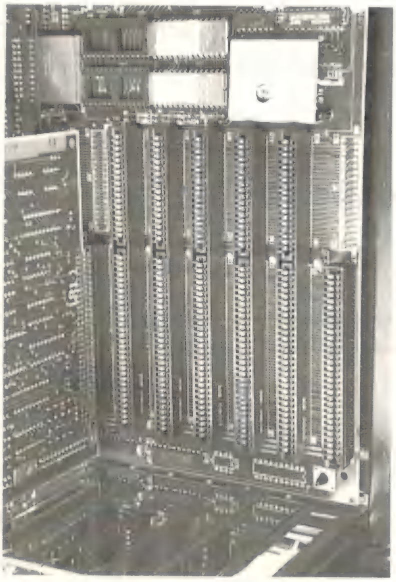
PnP のための ISA の拡張

ISA の仕様には，接続されている ISA デバイスの種類や状態，デバイスが利用するリソース（メモリ・アドレス，I/O アドレス，割り込みチャネル，DMA チャネル）を CPU に通知する方法や，リソースの割り当てをソフトウェアで変更する方法が規定されていません．システムにどのようなデバイスが接続されているか，リソースをどのように割り当てるかを管理する責任はユーザにあり，ユーザ自身で各ボードが競合しないように設定を行わなければなりません．

ユーザはどのリソースが空いているかを調べて，拡張ボード上のジャンパや DIP スイッチでリソースを設定したり，ボードごとに異なるサポート・ソフトウェアを用いてリソースを設定する必要があります．

PnP はデバイスの認識やリソースの割り当てを自動的に行うことにより，こ

PC/AT の I/O スロットのようす



れらの作業からユーザを解放します．しかし，PnPを実行するには拡張ボード上にPnP対応の機能が実装されていることが必要です．

PnP対応でない従来のISA拡張ボードをレガシーISAカード，PnPに対応したISA拡張ボードをPnP ISAカードと呼びます．

① EISA ID（図3-4）

PnP ISAカードは，ボードの識別のためのユニークなIDをもっていることが必要です．そのために32ビットのベンダID（EISA ID）と32ビットのシリアル番号が使われます．ベンダIDはボード・ベンダの名称（3文字の略号）とボードの種類を識別する16ビットの番号からなります．また，Microsoft社はベンダ名PNPを予約しており，既存のシステム・デバイスのデバイスIDとして割り当てています．

PnP ISAの仕様が作られた頃のAT互換機のシステム・バスとしては，ISAとともにEISAが広く用いられていました．EISAはISAを拡張した32ビット高速バスですが，コンフィギュレーション機能とベンダID（EISA ID）をもっています．このEISA IDをPnP ISAにも流用しています．EISA IDは，BCPR Services, Inc.（EISA仕様書の発行元）から入手できます．

ベンダIDはボードを確実に識別できるように，ボードの種類ごとにユニークに決められています．さらに，一つのシステムに同じ種類のボードを複数装着してもボードを区別できるように，各ベンダはユニークなシリアル番号をボードに割り当てます．64ビットのシリアルID（ベンダID＋シリアル番号）を用いて，ホストCPUはシステムに装着されたボードを1枚ずつ区別できます．

シリアルIDの読み出し時にエラーがあるとボードを正しく区別できないので，64ビットのシリアルIDに対して，8ビットのチェック・サム・コードが付けられます．

②コンフィギュレーション・レジスタ（表3-5）

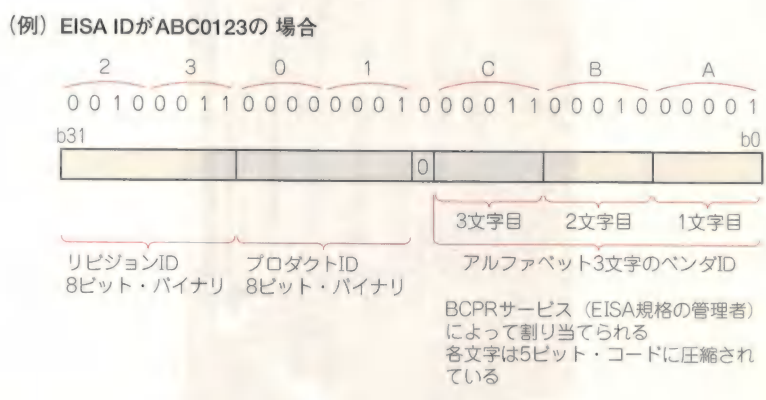
PnP ISAカード上には，ボードの識別やリソースの設定を自動的に行うためのコンフィギュレーション・レジスタが設けられています．ホストCPUはコンフィギュレーション・レジスタを使ってボードをコントロールしたり，ボードの情報を読み出します．また，割り当てたリソースをボードに通知します．

コンフィギュレーション・レジスタはカード制御，**論理デバイス**制御，論理デ

論理デバイス

拡張ボード上に搭載された一つのまとまった機能（たとえばSCSIコントローラ）を論理デバイスと呼ぶ．一つのまとまった機能を実現するのに複数のLSIを用いる場合もあるし，逆に1個のLSIの中に複数の独立した機能を内蔵する場合もある．したがって，論理デバイスと実際のLSI（物理デバイス）は1対1に対応するとは限らない．

〈図3-4〉EISA ID



バイス・コンフィギュレーションの三つの部分からなります．多機能ボードの場合には，論理デバイス制御と論理デバイス・コンフィギュレーションは各論理デバイスに一つずつ割り当てられます．

ホストCPUは，システムに存在するPnP ISAカードを1枚ずつ呼び出してカード選択番号を与えます．1度に複数のボードが呼び出しに応答すると正しい設定ができないので，ベンダIDとシリアル番号を使って1枚のボードだけを他から分離（アイソレート）するための手続きが決められています．次にボードに必要なリソースを調べ，空きリソースと比較して割り当てるリソースを決め，コンフィギュレーション・レジスタに書き込みます．これを，すべてのデバイスに競合なくリソースを割り当てられるまで繰り返します．

PnP ISAカードは，コンフィギュレーション・レジスタに書き込まれたリソースを使用して動作するように，ボードのハードウェアを設定します．

③コンフィギュレーション・レジスタのアクセス（図3-5）

ホストCPUがコンフィギュレーション・レジスタにアクセスするために，アドレス・ポート（I/Oアドレスは0279h），ライト・データ・ポート（I/Oアドレスは0A79h），リード・データ・ポート（I/Oアドレスは0203h～03FFhの範囲で可変）の三つのポートがI/O空間に置かれています．ホストCPUは，まずアクセスしたいデータ・ポートの番号をアドレス・レジスタに書き込み，ライト・データ・ポートに値を書き込むか，リード・データ・ポートから値を読み出します．アドレス・ポートとライト・データ・ポートのI/Oアドレスは固定ですが，リード・データ・ポートのI/Oアドレスは可変になっています．

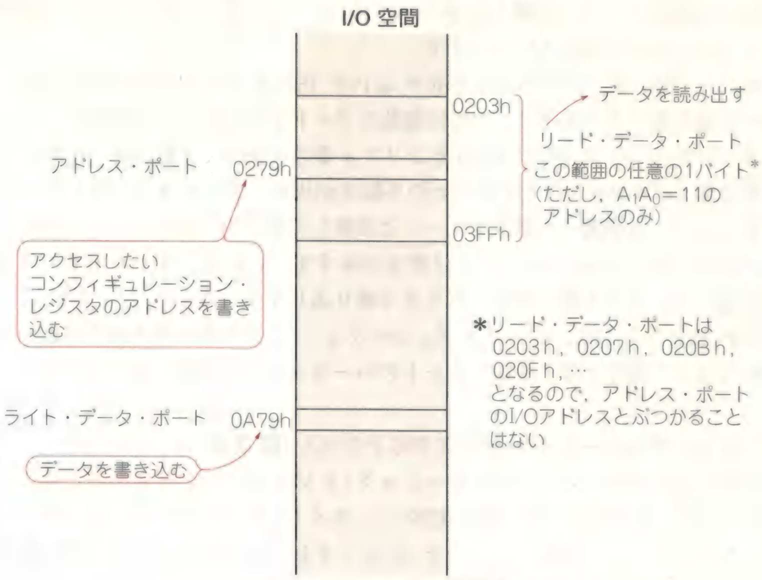
リード・データ・ポートのI/OアドレスがシステムⅠに存在するレガシーISAカードと競合した場合，コンフィギュレーション情報を読み出すとレガシーISAカードからの出力と衝突してしまうので，コンフィギュレーションがまったくで

I/O空間
インテル系CPUでは，メモリに対するリード/ライトとI/Oに対するリード/ライトは別の命令で実行され，またCPUから出力されるストローブ信号も別になっていた．そのため，アドレス空間もメモリ空間とI/O空間に分かれている．

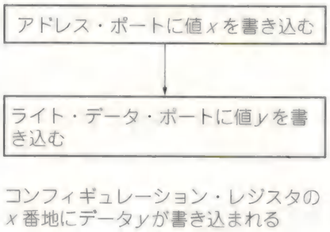
〈表3-5〉コンフィギュレーション・レジスタ

アドレス	機　能
カード・レベル・レジスタ（カード1枚に1セット）	
00h	リードデータ・ポート・アドレス
01h	シリアル・アイソレーション
02h	コンフィギュレーション・コントロール
03h	ウェイク・コマンド
04h	リソース・データ
05h	ステータス
06h	CSN（カード選択番号）
07h	LDN（論理デバイス番号）
08h～1Fh	予約
20h～2Fh	ベンダ定義
デバイス・レベル・レジスタ（1機能ごとに1セット）	
30h	デバイス・アクティベート
31h	I/Oレンジ
32h～37h	予約
38h～3Fh	ベンダ定義
40h～5Fh	ISAメモリ・コンフィギュレーション
60h～6Fh	I/Oコンフィギュレーション
70h～73h	割り込みコンフィギュレーション
74h～75h	MDAコンフィギュレーション
76h～A8h	32ビット・メモリ・コンフィギュレーション
A9h～EFh	予約
F0h～FEh	ベンダ定義
FFh	予約

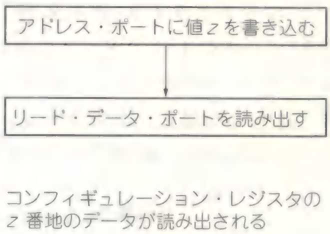
〈図 3-5〉コンフィギュレーション・レジスタのアクセス



(a) アクセスのためのアドレス



(b) コンフィギュレーション・レジスタへの書き込み



(c) コンフィギュレーション・レジスタの読み出し

きなくなってしまいます．これはシステムにとって致命的です．アドレス・ポートやライト・データ・ポートのI/Oアドレスがシステムに存在するレガシーISAカードと競合した場合は，レガシーISAカードは使用不能になりますが，コンフィギュレーション不能にはなりません．

ホストCPUはコンフィギュレーションに先立ってすべてのPnP ISAカードについてリード・データ・ポートの競合を調べ，競合が検出されたらリード・データ・ポートのI/Oアドレスを変更する必要があります．

④レガシーISAカードのリードバック

システムにレガシーISAカードが存在する場合，リソースを自動的に割り当てられないだけでなく，たいていの場合はボードの種類や存在を認識することもできません．実際にすべてのI/Oアドレスに対して読み出しを実行して，ボードの存在を推定することもできますが，確実ではありません．

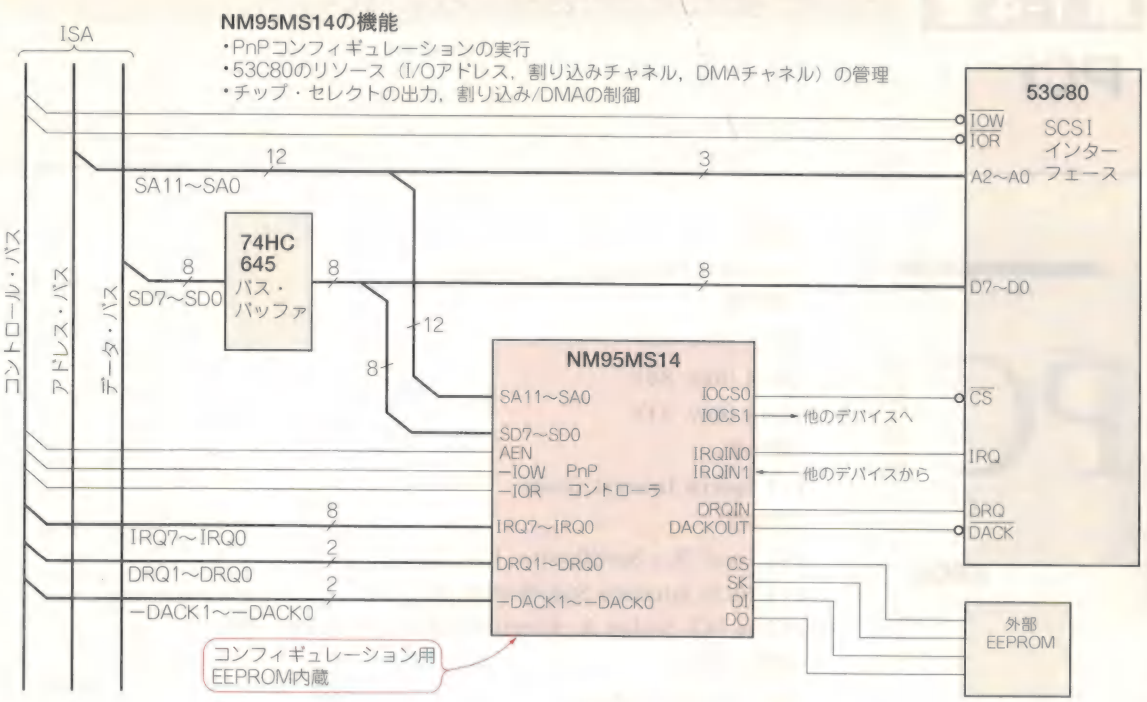
コンフィギュレーション・レジスタをもたないレガシーISAカードでも，ボード上にPnP対応の**拡張ROM BIOS**が装着されている場合，DIPスイッチやジ

拡張ROM BIOS

パソコンのBIOSのプログラムは，リセット後にすぐに実行しなければならないため，フロッピ・ディスクやハードディスクなどの外部記憶装置に置くことができない．一般に，ROMに収められてマザーボード上に搭載される．そのため，ROM BIOSと呼ばれる．

拡張ボード上の機能を動作させるために，マザーボードに標準搭載されたBIOSのほかに拡張されたBIOSプログラムが必要な場合がある．その場合は，その分のBIOSプログラムをROMに収めて拡張ボード上に搭載する．これを拡張ROM BIOSと呼ぶ．

〈図 3-6〉 NM95MS14 を使ったシステム構成例



ャンパで設定されたリソースを拡張 ROM BIOS が読み込んでホスト CPU に通知できます．この方法を用いれば，ホスト CPU はレガシー ISA カードにリソースを割り当てることはできませんが，少なくともレガシー ISA カードが現在占有しているリソースをリードバックできるようになります．このようなレガシー ISA カードであれば，PnP を妨げずに共存することができます．

⑤ PnP ISA カードの構成例（図 3-6）

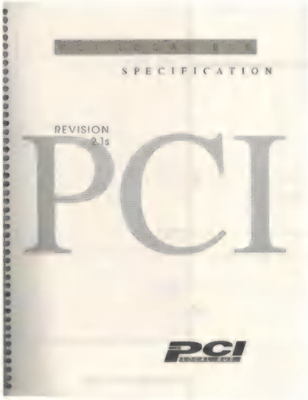
ISA カード上で PnP 機能を実現するには，コンフィギュレーション・レジスタ，カード属性（EISA ID など）記憶用の EEPROM，DIP スイッチやジャンパに代わるリソース設定用の EEPROM などをカード上に実装することが必要です．ASIC や FPGA によるロジック部と外付けの EEPROM で構成する方法もありますが，これらを 1 チップに集積した PnP コントローラ LSI を用いた例を示します．

◈ 参考・引用＊文献 ◈

(1) MindShare/Addison-Wesley, ISA System Architecture, 1995
(2) MindShare/Addison-Wesley, Plug and Play System Architecture, 1995
(3) ソフトバンク，Plug and Play System Architecture（2 の和訳版），1996
(4) CQ 出版，'97 版 IBM PC 活用ハンドブック，1997
(5) *IBM Corporation, Technical Reference Personal Computer AT, First Edition 1502243, March 1986

第 1-4 章　Intel 社が提唱した次世代高速ローカル・バス

PCI



〈名称〉

Peripheral Component Interconnect

〈発行日〉

1992.6 (Rev. 1.0)

1993.4 (Rev. 2.0)

1994.6 (Rev. 2.1)

〈発行者〉

PCI Special Interest Group

〈仕様書〉

PCI Local Bus Specification, Rev. 2.1

PCI BIOS Interface Specification, Rev. 2.1

PCI to PCI Bridge Architecture Specification, Rev. 1.0

〈情報入手先〉

http://www.pcisig.com

PCI SIG で標準化が進められたローカル・バス

PCI は 1992 年に作られた高速ローカル・バスの規格です（図 4-1）．1994 年ごろから急速に普及し始め，現在では AT 互換機，PC98 シリーズ，Macintosh などのパソコンをはじめ，ワークステーションや産業用コンピュータにも幅広く採用されています．現行バージョンの仕様は 1994 年発行の Rev. 2.1 です．

ローカル・バス

CPU 周辺に限定された局所的なバスという意味．もともと PCI は ISA や EIAS のようにシステム全体の骨格を構成するバスとして作られたものではない．

現在の AT 互換機では PCI と ISA を併用しているが，ISA の役割は次第に補助的なものとなり，事実上 PCI をシステム・バスとして使っている．

● ISA から EISA へ

IBM 社では 1984 年に発売した PC/AT のシステム・バスとして 16 ビットの ISA を採用しました．その後の CPU の 32 ビット化や処理速度の向上に対して ISA は転送速度が遅く，システムの高速化のボトルネックとなっていました．また，ISA にはコンフィギュレーションの機能がなく，装着されたボードの認識や設定を自動化できないという欠点もありました．

その後，IBM 社では ISA とは非互換の 32 ビット高速バスとして MCA (Micro Channel Architecture) を提唱し，PC/AT の後継機の PS/2 に搭載しました．MCA の転送速度は 20 M バイト/s で，ISA の最大 4 ～ 8 M バイト/s に対して大幅に高速化されるとともに，コンフィギュレーションの機能が標準化されました．しかし，PS/2 は従来の PC/AT とは互換性がないため，パソコン市場では従来の資産を生かせる AT 互換機の高速化が求められていました．

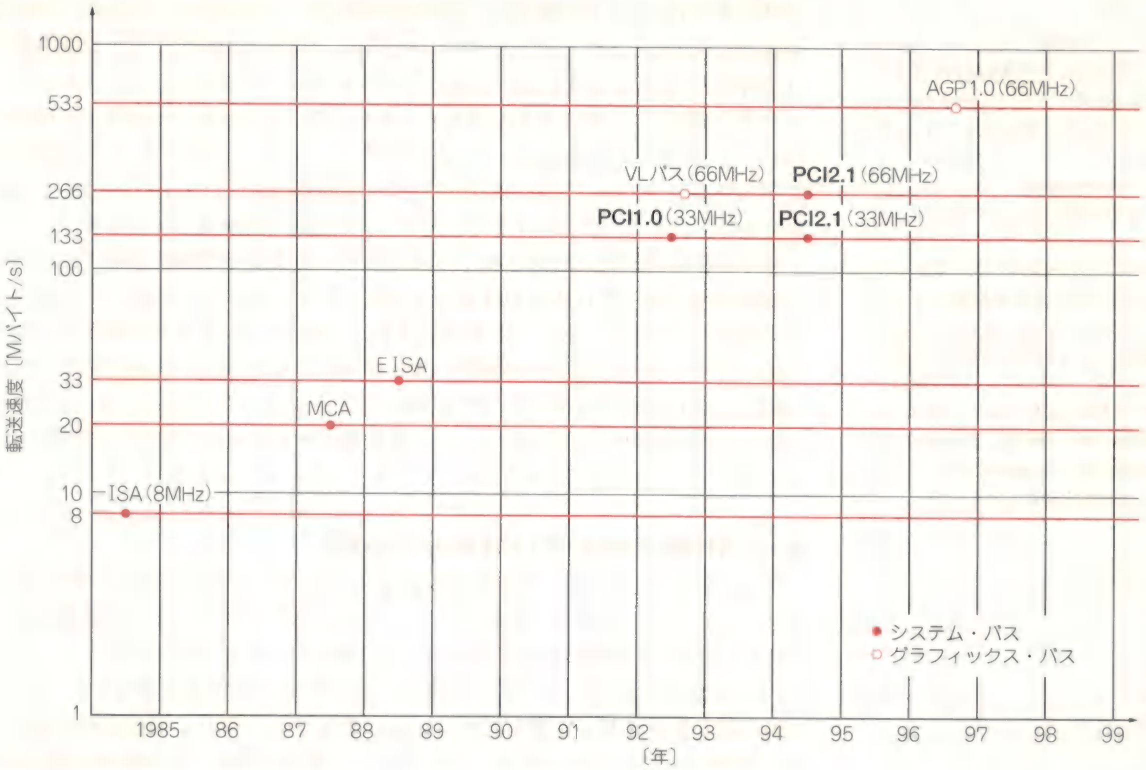
PS/2

Personal System/2 の略．IBM 社のパソコン事業において，初代 IBM PC とその改良型である PC/XT, PC/AT が第一世代であり，それに代わる第二世代という意味で後に/2 をつけている．

同様に，IBM PC, PC/XT, PC/AT 用の OS は PC DOS (Microsoft 社の OEM, Microsoft 社では MS-DOS と呼んでいるもの）だったが，PS/2 には新しい OS である OS/2 を搭載した．

そこで，Compaq 社など有力 AT 互換機メーカ 9 社が連合して，ISA と上位互換の 32 ビット高速バスである EISA (Extended ISA) の規格を作り，AT 互換機に搭載しました．EISA はデータ・バス幅を 32 ビットに拡張するとともに，アドレス・バス幅も 32 ビットに拡張し，バースト転送の採用によって最大 32 M バイト/s のデータ転送が可能です．また，コンフィギュレーションの機能も標

〈図 4-1〉システム・バスとグラフィック・バスの高速化



準化しています．EISA 拡張スロットには ISA 拡張ボードを挿入できるので，従来の ISA の資産もそのまま活用できます．

EISA は 1989 年ごろから 486 CPU 搭載の AT 互換機に採用され，広く普及しました．また，有力メーカが連合して AT 互換機の新しい規格を提唱するというやり方も，ここから広まりました．AT 互換機は IBM 社の手を離れて，パソコン市場の要求に合わせて独自に成長するようになったわけです．

バースト転送
複数バイトのデータのブロックを連続して一気に転送する方法．その間，バスはこの転送に占有される．

● VL バスと PCI

1991 年ごろになると，ディスプレイの高解像度化や多色化によってパソコンのグラフィック・データが大幅に増加し，EISA でも転送速度が不足するようになってきました．そこで，より高速なバスとして VL バス（VESA（べサ）ローカル・バス）と PCI の二つが提案されました．いずれも，ISA や EISA などのシステム・バスを通さず，CPU バスとの間で直接データをやり取りしようというローカル・バスの規格です．

VESA（Video Electronics Standards Association）は AT 互換機などのディスプレイ・ボードのメーカ団体で，VL バスはグラフィックス専用の高速バスとして仕様が考えられています．1992 年に VL-1.0 が公開され，データ・バス幅 32 ビットで 133 M バイト/s（クロック 33 MHz 時）の転送が可能です．VL バスの電気的仕様はほぼ 486 の CPU バスそのままであり，設計が容易なため急速に普及しました．486 CPU の AT 互換機では EISA＋VL バスを搭載した製品が数多く作られましたが，CPU が Pentium に移行するにつれて ISA＋PCI に置き換えられることが多くなりました．

VESA ローカル・バス
こちらのほうは，PCI のようにシステム・バスに使われることはなく，CPU とグラフィック LSI を接続するだけのローカル・バスとして使われていた．

PCIはもともと次世代の高速バスとしてIntel社が1991年に提唱したもので，IBM社やDEC社などが加わって標準化団体のPCI SIG(Special Interest Group)が設立されました．ローカル・バスといっても，CPUとの間にブリッジ回路を設けて特定のCPUに依存しない仕様となっており，パソコンからワークステーションまで幅広いターゲットをもちます．また，グラフィックスなど特定の用途を想定しない汎用のバスとなっています．データ・バス，アドレス・バスはともに32ビット幅で，バースト転送の採用によって最大133Mバイト/sのデータ転送が可能です．また，コンフィギュレーションの機能も標準化しています．

PCIの仕様が最初に公開されたのはVLバスとほぼ同時期の1992年ですが，仕様が高度であったため当初はあまり普及しませんでした．しかし，1994年6月に現行バージョン（Rev.2.1）が公開され，対応チップ・セットが出回ってから急速に普及しました．AT互換機のCPUが486からPentiumに移行していった時期でもあります．現在ではAT互換機，PC98シリーズ，Macintoshなどのパソコンをはじめ，ワークステーションや産業用コンピュータにも幅広く採用され，コンピュータ・バスのデファクト・スタンダードとなっています．

ブリッジ回路

二つのバスの間を橋渡しするための回路をブリッジ回路と呼ぶ．たとえば，CPU-PCIブリッジ，PCI-PCIブリッジ，PCI-ISAブリッジなどがある．

CPU-PCIブリッジは2ポートをもつインターフェースLSIで，1ポートはCPUバス，1ポートはPCIバスに直接接続できるようになっている．PCIポートの仕様はもちろんPCI規格に準拠している．CPUポートの仕様はそれぞれのCPUによって異なり，80386用，486用，Pentium用，68040用，PowerPC用などさまざまなものが作られている．

● AT互換機におけるPCIとほかのバスの動向

VLバスはグラフィックス専用の高速バスであり，汎用の高速バスであるEISAと併用されるのが一般的でした．SCSIやネットワークなどの高速転送はEISAを利用し，低速の用途では安価なISA拡張ボードを利用できます．

PCIは高速の汎用バスであり，EISAとの併用は必要ありません．当初はEISAとも併用されていましたが，PCIが普及するにつれて，EISAではなくISAと併用されるのが一般的になりました．過去の資産との互換性の維持や，安価なISA拡張ボードの利用のためには，ISAは必要だからです．すなわち，PCIの時代になって，AT互換機のシステム・バスはEISAからISAに逆戻りしてしまいました．

最近では，ISAはPnP（プラグ&プレイ）の実現の障害になる場合が多いことから，Microsoft社ではISA拡張バスを装備しないことを推奨しています．PCIのコストも下がってきたことから，拡張バスとしてPCIだけを装備したAT互換機も現れました．また，将来はPCIやISAなどの拡張バスに代わって，USBやIEEE 1394などの新しいシリアル・インターフェースを用いたシステム拡張が主流になるとも考えられています．

一方，かつては十分に高速と考えられていたPCIですが，最近ではCPUの64ビット化やシステムの高速化によって，さらに高速のバスが求められるようになってきました．とくに，MPEG-2のソフトウェア再生や3次元グラフィックスなどのマルチメディア機能の強化によってパソコンのグラフィック・データが大幅に増加し，PCIでも転送速度が不足するようになってきました．そこで，グラフィックス専用の新しい高速バスとしてAGP（Accelerated Graphics Port）が使われ始めています．AGPのデータ幅はPCIと同じ32ビットですが，クロックをPCIの4倍の133MHzにアップすることにより，533Mバイト/sの転送が可能となっています．

MPEG-2

MPEGは動画データの圧縮，符号化の国際標準としてISO/IECで規格化されているもの．これまでに，CD-ROMやハードディスクに動画データを保存することをおもな目的としたMPEG-1，高速データ回線や無線電波などで動画を伝送することをおもな目的としたMPEG-2の二つの規格が成立している．

MPEG-2はディジタルTV放送，ディジタルCATV，インターネットTVなどの有線，無線を通じた動画放送で用いられるほかに，DVD-ROMでも採用されており，現在もっとも注目されている規格の一つである．

PCIを使ったシステムの構成

PCIは最初はコンピュータの内部バスとして仕様が作られ（Rev. 1.0），次いで拡張コネクタや拡張ボードについての仕様が追加されました（Rev. 2.0）．特定の

システムに依存しない汎用バスであり，PCIの仕様は一般的な用語で記述されています．

PCIの標準化はPCI SIGにおいて行われており，PCI SIGの会員になれば技術サポートや情報提供を受けることができます．PCI拡張ボードを製造，販売する場合は，PCI SIGに入会してベンダIDを取得することが必要です．

ベンダID

PCIデバイスの製造ベンダを識別するために，PCI SIGから各ベンダに割り当てられる16ビットのID．各ベンダはデバイスのコンフィギュレーション・レジスタ（p. 38参照）にベンダIDを書き込んで出荷する．

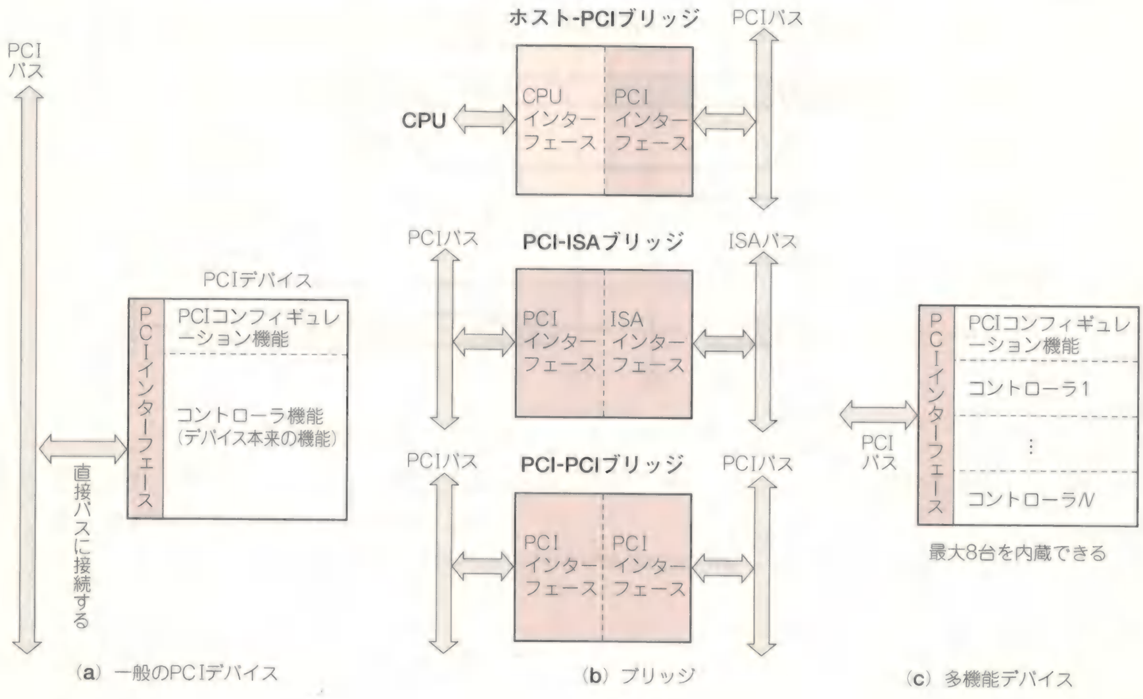
① PCIデバイス（図4-2）

内部バスでも拡張バスでも，PCIバスにはデバイス（LSI）を直接接続するというのが原則です．すなわち，PCIデバイスにはPCIのインターフェース機能をすべて内蔵していることが必要です．バス・バッファなどを介さずに直接LSI間をインターフェースするというのはPCIの大きな特徴であり，それによって余分な遅延の発生を抑えています．ただし，CPUだけは直接バスに接続せず，ホスト-PCIブリッジを介して接続します．これは，PCIのCPU依存性をなくすためです．

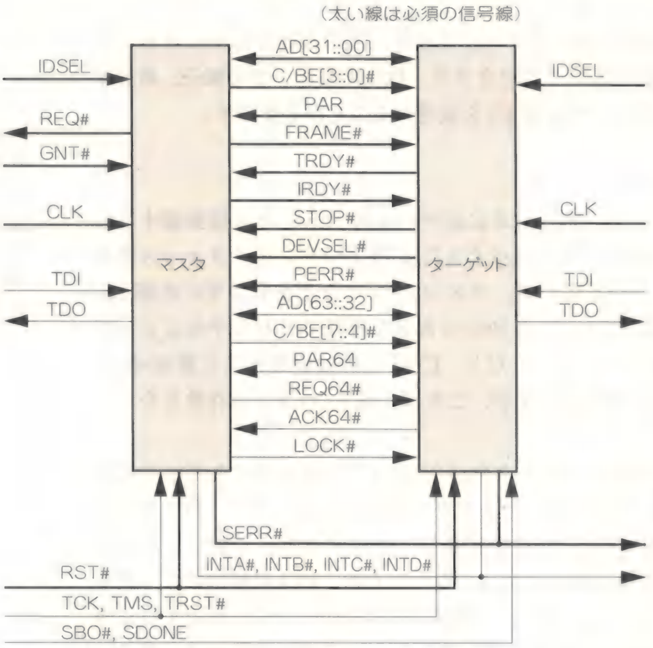
ISAでは，汎用LSIに若干のロジックやバス・バッファを外付けしてバスに接続することができました．PCIではこのような方法はとれないので，PCI対応のLSIが市場に出回るまでPCIはなかなか普及しませんでした．しかし，最近はPCI対応のLSIが市場に豊富に出回るようになったため，PCIの利用はごく簡単になり，コストも下がりました．また，市販のPCI対応のLSIを利用する以外にも，ゲートアレイやFPGAにPCIのインターフェース機能を埋め込んでPCI対応のオリジナルLSIを作ることもできます．

PCIバスは高速化のため配線長や負荷などの電気的条件が厳しくなっており，接続できるデバイス数も制限されています．そのため，なるべく少ないデバイスで多くの機能を実現できるように，多機能デバイスが認められています．また，PCIとほかのバスのブリッジやPCI-PCIブリッジを用いてシステムを拡張でき

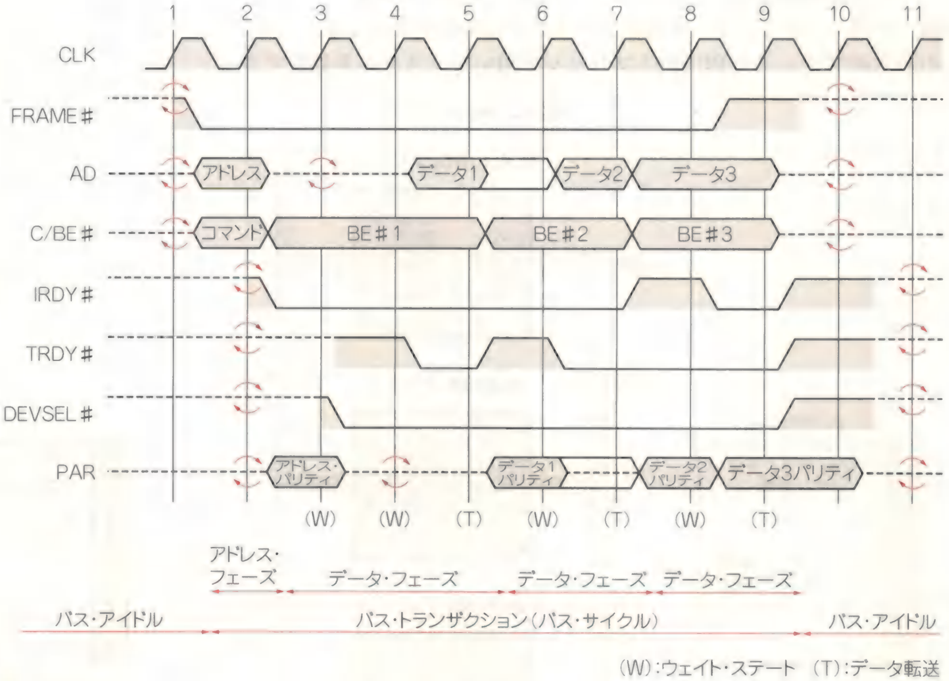
〈図4-2〉PCIデバイス



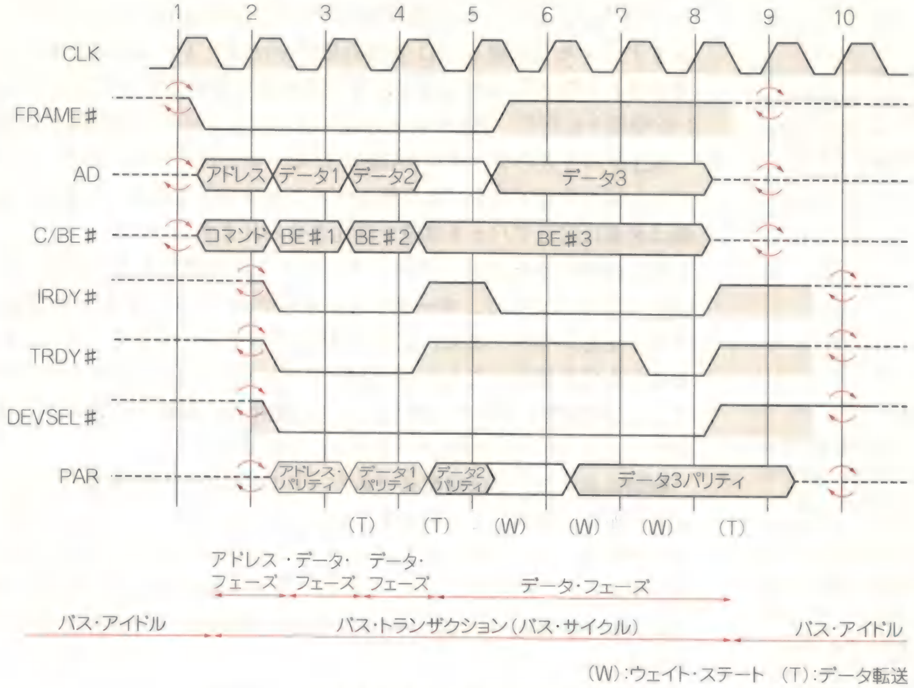
〈図 4-3〉 基本的なインターフェース



(a) PCIバスで定義されている信号線の接続関係



(b) PCIバスのメモリ・リード・サイクルのタイミング



(c) PCIバスのメモリ・ライト・サイクルのタイミング

ます．

多機能デバイスは，1個のLSIの中に2～8個のコントローラ機能を内蔵するものです．複数のコントローラ機能が1個のPCIインターフェースを共用します．LSIの集積度は年々向上しており，SCSIコントローラ，LANコントローラ，モデムなどの複数の機能を1個のLSIに統合できるようになっています．

ISAやEISAなどのバスとPCIを接続するブリッジを用いて，低速でよいデバイスはほかのバスの側に接続すれば，PCIの負荷を増やさずにシステムを拡張できます．PCI対応でない安価な汎用LSIも活用できるので，ブリッジの分のコストアップはあっても，システム全体のコストを低減する効果もあります．

複数のPCIバスを接続するPCI-PCIブリッジを用いれば，PCIバスだけで大規模なシステムを構築できます．ブリッジを越えての転送は遅くなりますが，マルチCPUや分散処理のシステムでは，それぞれのPCIバスを効率よく並列動作させることが可能です．

ホスト-PCIブリッジやこれらのバス間のブリッジは，それぞれがひとつのPCIデバイスと見なされます．

②基本的なインターフェース（図4-3）

PCIのアドレス・バス，データ・バスはともに32ビットで，マルチプレクスされているため信号線の数は比較的少なくなっています．最大33MHzのクロックで動作し，バースト転送時には最高で1クロックに1回のデータ転送が可能です．理論上の最大転送速度は133Mバイト/sとなります．また，パソコンではほとんど使われていませんが，アドレス・バス幅64ビット，データ・バス幅64ビット，クロック66MHzへの拡張も可能です．

アドレス空間にはメモリ空間とI/O空間があり，それぞれ4Gバイト（32ビッ

マルチCPUのシステム

処理速度を向上させるために，複数のCPUを使って並列処理を行うシステム．代表的なマルチCPUシステムは，同じCPUを複数個並べてプログラムの実行を高速化するもの．

マルチCPUシステムでは，複数のCPUが共有メモリやコントローラLSIにアクセスできるように，たいていの場合は共有バスを利用する（デュアル・ポートRAMなどを利用して，共有バスを使わないシステムもある）．

PCIではひとつのPCIバスに複数のCPUを接続してバスを共有できる．この場合はPCI-PCIブリッジは使わない．どのCPUからでも，PCIバスに接続されたすべてのメモリやコントローラLSIに同じようにアクセスできる．

分散処理のシステム

マルチCPUと同様に，複数のCPUを使って並列処理を行うシステム．マルチCPUはどちらかというと対等なCPUを複数並べてCPUの負荷を軽減したシステムをさす場合が多く，分散処理というとシステムの機能を分割してそれぞれを専用CPUで実行させるシステムをさすのが一般的．

ト・アドレス）をアクセスできます．メモリ空間は64ビット・アドレスに拡張できます．メモリ空間とI/O空間の使い分けはシステムに任されており，メモリマップトI/Oのシステムでは I/O空間を使わないこともできます．メモリ空間，I/O空間とは別に，256バイトのコンフィギュレーション空間をもっています．

メモリ・マップトI/O
メモリ空間とI/O空間を分けずに，同じアドレス空間の中にメモリとI/Oを割り付ける方式．

PCIデバイスのデータ・バス幅は32ビットと決められており，8ビット幅や16ビット幅のデバイスをバスに接続することはできません．しかし，転送のデータ幅は必要に応じてバイト単位で変化させられます．

PCIのデータ転送はマスタとターゲットの間で行われます．一般にはホストCPUがマスタとなり，ターゲットとなるデバイスのアドレスを指定してリード/ライトを行います．また，CPU以外のデバイスがマスタとなってバスを制御することもできます．たとえば，ハードディスクやCD-ROMのコントローラにバス・マスタ方式を採用できます．バスの使用権の制御のために，システムに1個のアービタ（セントラル・アービタ）が必要です．

バス・マスタ方式
ハードディスクやCD-ROMのインターフェースでは，CPUがリード/ライト命令を出してハードディスク・コントローラとメモリの間でデータの転送を行う．その間はデータ転送のためにCPUが占有されてしまうし，データ転送速度はCPU速度に依存する．
以前は，マザーボード上のDMAコントローラを利用して，CPUとは無関係にハードディスク・コントローラとメモリの間で直接データ転送を行うDMA方式が用いられたことがあった．しかし，マザーボード上のDMAコントローラの性能が低かったことから，CPUが高速化するとともにこのDMA方式は使われなくなった．
ハードディスク・コントローラ側に専用DMAコントローラを装備すれば，メモリとの間で高速にデータ転送を行うことができる．最近では，このバス・マスタ方式が広く使われている．

転送のタイミングは同期式であり，アドレスやデータの取り込みはクロックの立ち上がりに同期して行います．最初に1クロックのアドレス・フェーズがあり，マスタがターゲットのアドレスとバス・コマンドを出力します．次に1回以上のデータ・フェーズが続きます．1回のアドレス指定で1回だけデータ転送を行うのはシングル転送，1回のアドレス指定で複数回のデータ転送を行うのがバースト転送です．

シングル転送でもバースト転送でも，各回の転送のクロック数はデバイスの処理能力に応じて柔軟に変化させられます．バースト転送の場合，最大で1クロックごとに1回のデータ転送を実行できます．そのかわり，最初の1回しかアドレスを指定できないので，ターゲットの側でアドレスを自動インクリメント/デクリメントする機能が必要です．

実際にはバースト転送でも完全に1クロックごとにデータ転送を行うのは難しく，また無限にバースト転送を続けることもできません．実用上の転送速度の上限は60 MHz ～ 100 MHz程度と言われています．

自動インクリメント/デクリメント
メモリの連続した領域を順番にアクセスするために，アドレスを自動的に増やしたり（インクリメント），減らしたり（デクリメント）する機能．
バイト・アクセス（8ビット・リード/ライト）の場合はインクリメントは単純に+1でいいのだが，ワード・アクセス（16ビット・リード/ライトや32ビット・リード/ライト）の場合には，インクリメントは+2（16ビット）か+4（32ビット）にしなければならない．デクリメントの方も同様．

③信号線定義（表4-1）

信号名の後の#は負論理の信号を示します．PCIでは信号線を論理1でドライブすることをアサート，論理0でドライブすることをディアサートと呼びます．

AD[31:00]は32ビットのアドレス/データ・バスです．PCIではアドレスとデータをマルチプレクスすることにより，全体の信号線数を削減しています．

C/BE#はふたつの役割をもちます．アドレス・フェーズには，転送の種類を示すためにマスタからバス・コマンドが出力されます．データ・フェーズには，転送データの幅を示すために，有効バイトに対応するC/BE#信号だけをアサートします．

アドレス/データとC/BE#をひとまとめにして，エラー検出のためのパリティが付けられます．パリティ・エラーおよびその他のエラーが検出されたら，PERR#とSERR#の2本の信号線を用いてホストCPUに通知できます．

マスタはFRAME#をアサートすることによってバス・サイクルを開始し，アドレスとバス・コマンドを出力します．ターゲットに指定されたデバイスだけがDEVSEL#をアサートして応答します．データの転送タイミングはIRDY#（マスタが出力）とTRDY#（ターゲットが出力）によって制御され，デバイスの処理能力に合わせてサイクルを引き伸ばすことができます．また，ターゲットはSTOP#をアサートして実行中のバス・サイクルの中止を要求できます．

〈表4-1〉PCIの信号線

信号名*	ピン番号**	タイプ***	名　称	機　能
入出力と基本制御（すべてのPCIデバイスに必須）				
AD[31:00]	**	t/s	アドレスとデータ	アドレス・フェーズにバス・マスタがアドレスを出力，データ・フェーズに送信側デバイスがデータを出力
C/BE#[3:0]	B26, B33, B44, A52	t/s	バス・コマンド/バイト・イネーブル	バス・マスタが出力，アドレス・フェーズにはバス・コマンド，データ・フェーズには有効バイト・レーンを示す
PAR	A43	t/s	パリティ	AD[31:00]とC/BE[3:0]に対する偶数パリティ
FRAME#	A34	s/t/s	フレーム	バス・マスタが出力，バス・サイクル実行中を示す
IRDY#	B35	s/t/s	イニシエータ・レディ	バス・マスタが出力，データ転送可能を示す
TRDY#	A36	s/t/s	ターゲット・レディ	ターゲットが出力，データ転送可能を示す
STOP#	A38	s/t/s	ストップ	ターゲットが出力，バス・サイクルの中止要求
IDSEL	A26	in	初期化デバイス・セレクト	コンフィギュレーション時にバス・マスタが出力
DEVSEL#	B37	s/t/s	デバイス・セレクト	ターゲットが出力，バス・サイクルに対する応答の通知
REQ#	B18	t/s	リクエスト	PCIデバイスが出力，アービタにバス制御権を要求
GNT#	A17	t/s	グラント	アービタが出力，PCIデバイスにバス制御権を与える
PERR#	B40	s/t/s	パリティ・エラー	受信側デバイスが出力，データ・フェーズでのパリティ・エラー検出を示す
SERR#	B42	o/d	システム・エラー	PCIデバイスが出力，その他のバス・エラー検出を示す（CLKとは非同期）
CLK	B16	in	クロック	プラットホームが出力，最大33MHz（動作中に可変）
RST#	A15	in	リセット	プラットホームが出力，CLKとは非同期
割り込み制御				
INTA#	A6	o/d	割り込みA	PCIデバイスが出力，割り込み要求（CLKとは非同期）
INTB#	B7	o/d	割り込みB	PCIデバイスが出力，割り込み要求（CLKとは非同期）
INTC#	A7	o/d	割り込みC	PCIデバイスが出力，割り込み要求（CLKとは非同期）
INTD#	B8	o/d	割り込みD	PCIデバイスが出力，割り込み要求（CLKとは非同期）
その他の制御（オプション）				
LOCK#	B39	s/t/s	ロック	バス・マスタが出力，メモリを排他的にアクセスできる
SBO#	A41	i/o	スヌープ・バックオフ	キャッシュ・コントローラが出力
SDONE	A40	i/o	スヌープ完了	キャッシュ・コントローラが出力
64ビット拡張（オプション）				
REQ64#	A60	s/t/s	64ビット要求	バス・マスタが出力，64ビット・データ転送可能を示す
ACK64#	B60	s/t/s	64ビット・アクノリッジ	ターゲットが出力，64ビット・データ転送可能を示す
AD[63:32]	**	t/s	アドレスとデータ	64ビット拡張時のアドレス/データの上位32ビット
C/BE#[7:4]	A64, B65, A65, B66	t/s	バス・コマンド/バイト・イネーブル	64ビット拡張時のバイト・イネーブルの上位4ビット（バス・コマンドはC/BE[3:0]と同じ値が出力される）
PAR64	A67	t/s	パリティ	AD[63:32]とC/BE[7:4]に対する偶数パリティ
JTAGバウンダリ・スキャン・テスト（オプション）				
TCK	B2	in	テスト・クロック	テスト・データ入出力用クロック
TDI	A4	in	テスト・データ入力	テスト・データ入力，不使用時はボード上でTDOに接続
TDO	B4	out	テスト・データ出力	テスト・データ出力，不使用時はボード上でTDIに接続
TMS	A3	in	テスト・モード選択	TAPコントローラのモードを選択する
TRST#	A1	in	テスト・リセット	TAPコントローラをリセットする
信号線以外のピン				
+5V	**	−	電源	
+3.3V	**	−	電源	
+12V	A2	−	電源	
−12V	B1	−	電源	
GND	**	−	グラウンド	
V(I/O)	**	−	ドライバ/レシーバ電源	信号レベル設定用，5Vボードは+5V，3.3Vボードは+3.3V
PRSNT1#	B9	−	ボードが存在	拡張ボードの存在および消費電力を示す
PRSNT2#	B11	−	ボードが存在	拡張ボードの存在および消費電力を示す
M66EN	−	−	66MHzイネーブル	33MHzデバイスは接地，66MHzデバイスはプルアップ

* 信号名の後の#は負論理を示す

** 拡張ボードのピン番号

AD[31:00]	B20, A20, B21, A22, B23, A23, B24, A25, B27, A28, B29, A29, B30, A31, B32, A32, A44, B45, A46, B47, A47, B48, A49, B52, B53, A54, B55, A55, B56, A57, B58, A58
AD[63:32]	B68, A68, B69, A70, B71, A71, B72, A73, B74, A74, B75, A76, B77, A77, B78, A79, B80, A80, B81, A82, B83, A83, B84, A85, B86, A86, B87, A88, B89, A89, B90, A91
+5V	B5, A5, B6, B61, A61, B62, A62
3.3V	A21, B25, A27, B31, A33, B36, A39, B41, B43, A45, A53, B54
GND	B3, B15, B17, A18, B22, A24, B28, A30, B34, A35, A37, B38, A42, B46, A48, A56, B57, A63, B64, B67, A69, A72, B73, B76, A78, A81, B82, B85, A87, A90, B91, A93, B94
GND（5Vボードのみ，3.3Vボードではキーウェイ）	B12, A12, B13, A13
GND（3.3Vボードのみ，5Vボードではキーウェイ）	B50, A50, B51, A51
V（I/O）	A10, A16, B19, B59, A59, A66, B70, A75, B79, A84, B88

*** ドライバのタイプとPCIデバイス側から見た信号の方向

in：プラットホームからPCIデバイスへの入力，out：PCIデバイスからプラットホームへの出力，i/o:双方向

t/s：3ステート，s/t/s：サステインド3ステート，o/d：オープン・ドレイン

IDSELはコンフィギュレーション用の信号です．ホストCPUはコンフィギュレーションの対象となるデバイスを選んで，そのIDSELをアサートします．

REQ#とGNT#はバス・アービトレーション用の信号です．バスを使用したいデバイスは，REQ#をアサートしてアービタに使用権を要求します．アービタは使用権を与えるデバイスを選んで，そのGNT#をアサートしてバスの使用を許可します．

CLKは転送タイミングを制御するマスタ・クロックです．0～33 MHzの範囲でダイナミックに変化させることができ，省電力のためのクロック停止も可能です．RST#はバスに接続されたすべてのデバイスのリセットに用いられます．

割り込み信号線はINTA#～INTD#の4本が用意されています．PCIでは複数の割り込みが信号線を共用することを想定しており，信号線は少なくなっています．詳細な使い方はシステムに任されていますが，原則としてINTA#から順に使用するようになっています．

キャッシュ制御，64ビット拡張，JTAGバウンダリ・スキャンなどの信号線はオプションであり，必要に応じて使用できます．

5V系システムと3.3V系システムのどちらにもPCIを適用できるように，PCIでは5Vシグナリングと3.3Vシグナリングの2種類の信号レベルが定義されています．これらは相互接続できないため，ひとつのバスで混用はできません．ブリッジを介しての接続は可能です．バスの信号レベルはV（I/O）ピンに5Vを与えるか，3.3Vを与えるかで設定します．回路側では，一般にV（I/O）をドライバ/レシーバの電源として利用できます．

バスの信号レベルは5Vか3.3Vのいずれかを選ばなければなりませんが，システムには5V回路と3.3V回路が混在している可能性があるため，電源としては5Vと3.3Vの両方をサポートできるようになっています．

PRSNT1#とPRSNT2#は拡張バスにおいて使用され，ボードの挿入の検出と消費電力の検出に用いられます．

JTAGバウンダリ・スキャン

1980年代中ごろに高密度実装技術が急速に進歩し，LSIのピン数が増え，ピン間隔がきわめて狭くなってきた．また，多層基板も多く使われるようになったことから，組み立てた基板を検査するためにパターンにプローブを当てることが困難になった．

そこで，この問題に関係するさまざまなメーカのエンジニアが集まって，検討グループをつくった．これがJTAG（Joint Test Action Group）の始まり．当初はヨーロッパのメーカだけが参加していたので，JETAG（Joint European Test Action Group）と呼ばれていた．

JTAGでは，外からプローブを当てるかわりに，LSI側に基板検査のための特別な回路を内蔵する方法を開発した．LSIと基板の境界（boundary）である各ピンの状態を次々に調べて（scan）いくことから，この手法はバウンダリ・スキャンと名付けられた．

JTAGバウンダリ・スキャンはその後IEEEにおいて国際標準化が進められ，1990年にIEEE 1149.1として規格が制定された．

④コンフィギュレーション・レジスタ（表4-2）

すべてのPCIデバイスは，デバイスの識別やリソースの設定を自動的に行うための256バイトのコンフィギュレーション・レジスタをもちます．1個のLSIに複数のコントローラ機能を内蔵する多機能デバイスの場合は，コンフィギュレーション・レジスタを機能の数だけもつ必要があります．

ホストCPUはコンフィギュレーション・レジスタを使ってデバイスをコントロールしたり，デバイスの情報を読み出します．システムの初期化時に限らず，ホストCPUはいつでもコンフィギュレーション・レジスタにアクセスできることが必要です．

コンフィギュレーション・レジスタは64バイトのヘッダ（共通領域）と192バイトのデバイス固有領域からなります．ヘッダの書式はPCIの仕様で決められており，現在空いている領域も予約領域として使用が禁止されています．デバイス固有領域は，それぞれのデバイスごとにベンダが自由に定義して利用できる領域です．

ヘッダはタイプ00H（PCI-PCIブリッジを除くすべてのPCIデバイス）とタイプ01H（PCI-PCIブリッジ）に分かれます．ヘッダの上位16バイトはいずれのタイプも共通で，ベンダID，デバイスID，デバイス・ステータス，デバイス・データ，クラスコード，リビジョンID，BIST（ビルトイン・セルフテスト），ヘッダ・タイプ，遅延タイマ，キャッシュ・ライン・サイズが含まれています．ヘッダ

ベンダ

ベンダ（vendor）はもともと行商人や露店商人というような意味．コンピュータやエレクトロニクス関連の業界では，メーカやソフトハウス，販売元などの製品のサプライヤをベンダという．たとえばOEMの場合には，製造元や開発元ではなくて，自社ブランドで販売している販売元の方を一般にベンダという．

〈表 4-2〉コンフィギュレーション・レジスタの構造

31–24	23–16	15–8	7–0	アドレス
デバイスID：R (Device ID)		ベンダID：R (Vendor ID)		00h
デバイス・ステータス：R/W (Status)		デバイス制御：R/W (Command)		04h
クラス・コード(Class Code):R			バージョンID：R (Revision ID)	08h
基本クラス (Base Class)	サブクラス (Subclass)	プログラム・インターフェース (Programming Interface)		
セルフ・テスト：R/W (BIST)	ヘッダ・タイプ：R (Header Type)	マスタ・レイテンシ・タイマ：R/W (Lantency Timer)	キャッシュ・ライン：R/W (Cashe Line Size)	0Ch
ベース・アドレス・レジスタ用領域：R/W (Base address registers)				10h, 14h, 18h, 1Ch, 20h, 24h
カード・バスCISポインタ：R (CardBus Card Information Structure Pointer)				28h
サブシステムID：R (Subsystem ID)		サブシステム・ベンダID：R (Subsystem Vender ID)		2Ch
拡張ROMベース・アドレス：R/W (Expansion ROM Base Address)				30h
予約済				34h
予約済				38h
最大レイテンシ：R (Max_Lat)	最小グラント：R (Min_Gnt)	PCIインタラプト・ピン：R (Interrupt Pin)	インタラプト・ライン：R/W (Interrupt Line)	3Ch
デバイス固有レジスタ領域：任意				4Ch 〜 FCh

注：Rはリード・オンリ，R/Wはリード/ライト可能．

の下位48バイトはタイプにより異なり，タイプ00Hの場合はベース・アドレス・レジスタ用領域，カード・バスCISポインタ，サブシステム・ベンダID，サブシステム・デバイスID，拡張ROMベース・アドレス，最大遅延時間，最小グラント時間，PCI割り込みピン，割り込みラインなどがあります．

ベンダIDとデバイスIDはともに32ビットで，デバイス（LSI）を識別するために用いられます．ベンダIDはPCI SIGが管理しており，LSIメーカはPCI SIGに入会してベンダIDを取得しなければなりません．デバイスIDは各メーカが任意に割り当てることができます．拡張ボードのベンダや種類の識別には，サブシステム・ベンダIDとサブシステム・デバイスIDを用います．

クラス・コードはデバイスの種類や機能を示すもので，PCI SIGにより分類やコードの割り当てが行われています．

⑤電気的仕様（表4-3）

信号レベルは5Vシグナリングと3.3Vシグナリングの2種類があります．PCIではバッファを介さずにLSIを直接バスに接続するので，いずれの場合でもドライバ/レシーバはCMOSを想定しています．5VシグナリングはTTLレ

〈表 4-3〉PCI の電気的仕様

項　目	記号	条　件	min	max	単位
●5 Vシグナリング					
電源電圧	V_{cc}		4.75	5.25	V
入力電圧	V_{ih}		2	V_{cc}+0.5	V
	V_{il}		−0.5	0.8	V
出力電圧	V_{oh}	Io=−2mA	2.4	−	V
	V_{ol}	Io=3mA, 6 mA	−	0.55	V
出力スルーレート	$slew_r$	0.4 V〜2.4 V	1	5	V/ns
	$slew_f$	2.4 V〜0.4 V	1	5	V/ns
●3.3 Vシグナリング					
電源電圧	V_{cc}		3	3.6	V
入力電圧	V_{ih}		0.5 V_{cc}	V_{cc}+0.5	V
	V_{il}		−0.5	0.3 V_{cc}	V
出力電圧	V_{oh}	Io=−0.5 mA	0.9 V_{cc}	−	V
	V_{ol}	Io=1.5 mA	−	0.1 V_{cc}	V
出力スルーレート	$slew_r$	0.2 V_{cc}〜0.6 V_{cc}	1	4	V/ns
	$slew_f$	0.6 V_{cc}〜0.2 V_{cc}	1	4	V/ns
●タイミング					
クロック・サイクル	t_{cyc}		30	∞	ns
クロック・ハイ	t_h		11	−	ns
クロック・ロー	t_l		11	−	ns
出力遅延時間	t_{val}	クロック〜有効データ	2	11	ns

ベルと似ていますが，3.3 V シグナリングはかなり電圧が異なるので相互接続はできません．いずれも，信号の反射波の影響を加えて規定の電圧レベルとなるようにドライバの仕様が決められています．

ドライバの負荷を低減するため，PCI ではバスの終端を行いません．ドライバが出力した信号は，バスの端まで伝播すると反射して戻ってきます．この反射波が元の出力信号に重畳して規定の電圧レベルの信号が得られます．このように反射波を利用する伝送方式のため，バスの配線長や負荷条件にはかなりの制約が加わり，パターン設計も難しくなります．配線長の制約は遅延時間 10 ns 以内，負荷の目安はファンアウト 10 個以内ですが，拡張コネクタは 1 個でファンアウト 2 個分と見なされます．ホスト-PCI ブリッジや PCI-ISA ブリッジの分を考えると，ほかに内部接続の PCI デバイスがないとしても拡張コネクタは最大 4 個しか接続できません．

高速にデータをスイッチングするために，オープン・ドレインなどのプルアップ抵抗によるパッシブ・スイッチングをなるべく避けて，そのかわりにサステインド 3 ステートという独自の方式を用いています．オープン・ドレイン出力は，信号電圧が "H"（ハイ）から "L"（ロー）に遷移するときは FET が ON になり，出力をアクティブにドライブするので高速にスイッチングができます．しかし，"L" から "H" に遷移するときはプルアップ抵抗によって電圧レベルを引き上げるため，スイッチングが遅くなります．

PCI のサステインド 3 ステート方式では，"L" から "H"，"H" から "L" の遷移はアクティブに行われ，高速にスイッチングできます．ハイ・インピーダンスへの移行はかならず出力が "H" の状態で行われ，プルアップ抵抗の働きはその間の電圧を "H" に保つだけです．プルアップ抵抗にスイッチングの働きをもたせないため，高速動作が可能で，いつもほぼ一定のスルーレートが得られます．

⑥ボード・サイズとコネクタ（図 4-4）

PCI 拡張ボードには 5 V ボードと 3.3 V ボードがあり，それぞれ 32 ビット・ボ

バスの終端

水槽の水を揺らすと，水面に生じた波が広がってゆき，水槽の壁にぶつかって戻ってくるのがわかる．電気信号も波の性質をもっており，ドライバが出力した信号波形はケーブルの端で反射して戻ってくる．

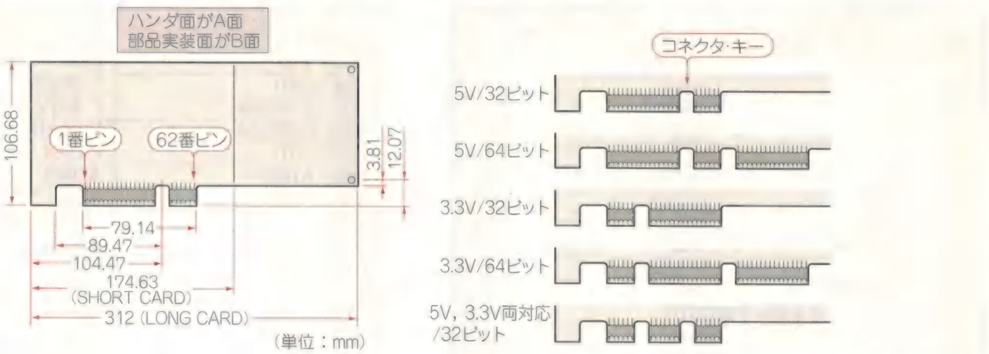
この反射波がもとの波形を歪ませて，伝送誤りの大きな原因となる．伝送が高速なほど反射による波形歪みが大きくなるので，反射を防ぐための対策が必要になる．

バスの終端は，一般に反射を防ぐもっとも有効な対策として用いられている．ケーブルの受信側の端をケーブルの特性インピーダンスに合わせて終端すれば，反射は起こらなくなる．ただし，ケーブルの特性インピーダンスは一般に 50 〜 200 Ω程度なので，ドライバ IC の負荷が重くなってしまう．

ファンアウト

ロジック IC において，ドライバの出力に接続できる最大のレシーバ数をファンアウトといいます．定められたファンアウトより多くのレシーバを接続すると，ドライバの出力電圧変動が大きくなり，出力のロジック・レベルが保証されなくなる．

〈図 4-4〉PCI 対応ボードのサイズとコネクタ形状



ードと 64 ビット・ボードがあります．また，5 V と 3.3 V の両用ボードも可能です．5 V ボードと 3.3 V ボードは異なる位置に**キー**が付けられており，誤挿入を防ぐことができます．両用ボードは 5 V キーと 3.3 V キーの両方に対応するキーをもっています．なお，両用ボードといっても，5 V シグナリングと 3.3 V シグナリングを混在させることはできず，どちらか一方を選ばなければなりません．

ボード・サイズはロング・サイズ（312 × 106.68 mm）とショート・サイズ（174.63 × 106.68 mm）があります．ISA 拡張ボードとほぼ同じサイズであり，コネクタは別ですが，スロットは共用できます．

コネクタはカード・エッジで，32 ビット・ボードは 124 ピン（A1 ～ A62, B1 ～ B62）をもちます．ただし，5 V キーと 3.3 V キーの部分はそれぞれ 4 本のピンが欠けているので，実際のピン数は 5 V ボードと 3.3 V ボードは 120 ピン，両用ボードは 116 ピンとなります．64 ビット・ボードは，それに 64 ピン（A63 ～ A94, B63 ～ B94）が追加されます．

キー
スロットにボードを挿入できるかどうかを決める文字どおりのキー（カギ）．

⑦拡張ボードのピン配置（表 4-4）

PCI 拡張ボードのピン配置を示します．

⑧拡張ボードの消費電力（表 4-5）

PRSNT1# と PRSNT2# の 2 本の信号線は，拡張ボードの挿入の検出と消費電力の検出に用いられます．拡張ボード側ではボードの消費電力に応じて PRSNT1# と PRSNT2# のどちらか，または両方をグラウンドに接続します．

ボードの消費電力が最大 7.5 W のとき，PRSNT1# と PRSNT2# を両方ともグラウンドに接続します．消費電力が最大 15 W のとき，PRSNT2# だけをグラウンドに接続します．消費電力が最大 25 W のとき，PRSNT1# だけをグラウンドに接続します．PCI 拡張ボードの最大消費電力は 25 W と規定されています．

プラットホーム側では，PRSNT1# と PRSNT#2 が両方ともオープンのとき，ボードが挿入されていないことがわかります．それ以外のときはボードが挿入されており，PRSNT1# と PRSNT#2 の状態によってボードの最大消費電力がわかります．この消費電力の情報は，システムのパワー・マネジメントや冷却のために利用できます．なお，PCI の仕様ではボードの最大消費電力を供給することをプラットホームに義務づけてはいません．

プラットホーム
拡張スロットをもつシステムのこと．たとえばパソコンをさす．

〈表 4-4〉 拡張ボードのピン配置

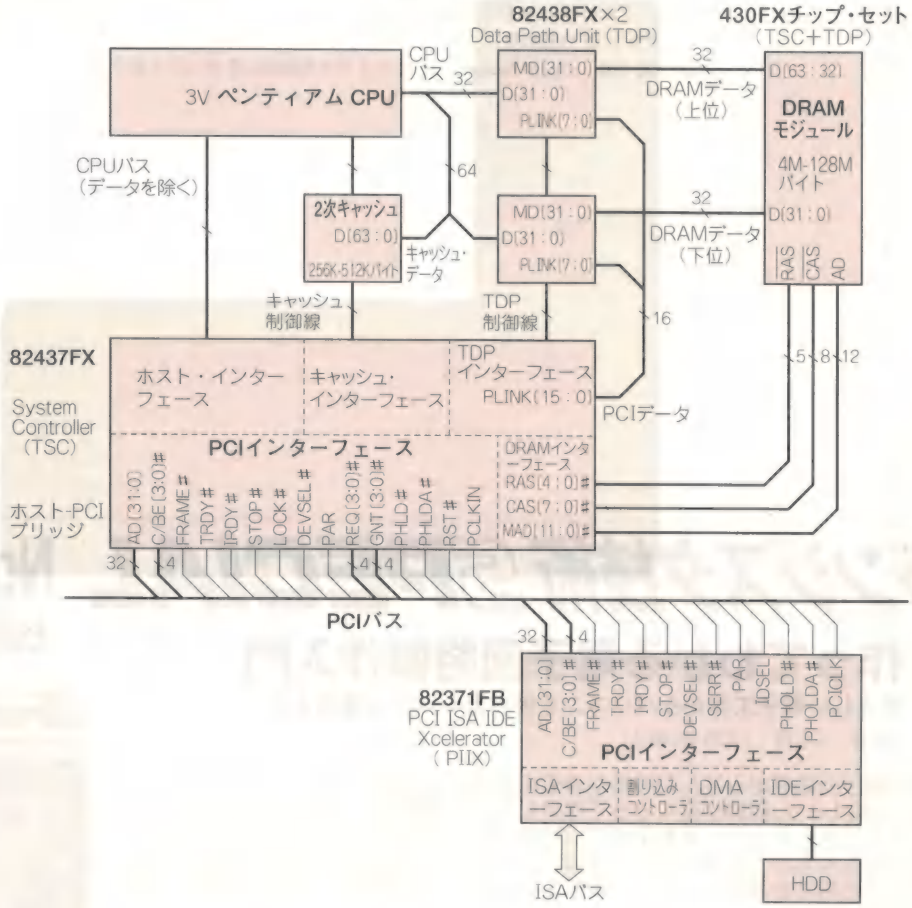
部品面		はんだ面	
32ビット・ボード			
B1	－12V	TRST#	A1
B2	TCK	+12V	A2
B3	GND	TMS	A3
B4	TDO	TDI	A4
B5	+5V	+5V	A5
B6	+5V	INTA#	A6
B7	INTB#	INTC#	A7
B8	INTD#	+5V	A8
B9	PRSNT1#	予約	A9
B10	予約	V (I/O)	A10
B11	PRSNT2#	予約	A11
B12	3.3 Vキー (5 VボードはGND)		A12
B13	3.3 Vキー (5 VボードはGND)		A13
B14	予約	予約	A14
B15	GND	RST#	A15
B16	CLK	V (I/O)	A16
B17	GND	GNT#	A17
B18	REQ#	GND	A18
B19	V (I/O)	予約	A19
B20	AD[31]	AD[30]	A20
B21	AD[29]	+3.3 V	A21
B22	GND	AD[28]	A22
B23	AD[27]	AD[26]	A23
B24	AD[25]	GND	A24
B25	+3.3 V	AD[24]	A25
B26	C/BE[3]#	IDSEL	A26
B27	AD[23]	+3.3 V	A27
B28	GND	AD[22]	A28
B29	AD[21]	AD[20]	A29
B30	AD[19]	GND	A30
B31	+3.3 V	AD[18]	A31
B32	AD[17]	AD[16]	A32
B33	C/BE[2]#	+3.3 V	A33
B34	GND	FRAME#	A34
B35	IRDY#	GND	A35
B36	+3.3 V	TRDY#	A36
B37	DEVSEL#	GND	A37
B38	GND	STOP#	A38
B39	LOCK#	+3.3 V	A39
B40	PERR#	SDONE	A40
B41	+3.3 V	SBO#	A41
B42	SERR#	GND	A42
B43	+3.3 V	PAR	A43
B44	C/BE[1]#	AD[15]	A44
B45	AD[14]	+3.3 V	A45
B46	GND	AD[13]	A46
B47	AD[12]	AD[11]	A47
B48	AD[10]	GND	A48
B49	GND	AD[09]	A49
B50	5 Vキー (3.3 VボードはGND)		A50
B51	5 Vキー (3.3 VボードはGND)		A51
B52	AD[08]	C/BE[0]#	A52
B53	AD[07]	+3.3 V	A53
B54	+3.3 V	AD[06]	A54
B55	AD[05]	AD[04]	A55
B56	AD[03]	GND	A56
B57	GND	AD[02]	A57
B58	AD[01]	AD[00]	A58
B59	V (I/O)	V (I/O)	A59
B60	ACK64#	REQ64#	A60
B61	+5V	+5V	A61
B62	+5V	+5V	A62

部品面		はんだ面	
64ビット・ボード			
B63	予約	GND	A63
B64	GND	C/BE[7]#	A64
B65	C/BE[6]#	C/BE[5]#	A65
B66	C/BE[4]#	V (I/O)	A66
B67	GND	PAR64	A67
B68	AD[63]	AD[62]	A68
B69	AD[61]	GND	A69
B70	V (I/O)	AD[60]	A70
B71	AD[59]	AD[58]	A71
B72	AD[57]	GND	A72
B73	GND	AD[56]	A73
B74	AD[55]	AD[54]	A74
B75	AD[53]	V (I/O)	A75
B76	GND	AD[52]	A76
B77	AD[51]	AD[50]	A77
B78	AD[49]	GND	A78
B79	V (I/O)	AD[48]	A79
B80	AD[47]	AD[46]	A80
B81	AD[45]	GND	A81
B82	GND	AD[44]	A82
B83	AD[43]	AD[42]	A83
B84	AD[41]	V (I/O)	A84
B85	GND	AD[40]	A85
B86	AD[39]	AD[38]	A86
B87	AD[37]	GND	A87
B88	V (I/O)	AD[36]	A88
B89	AD[35]	AD[34]	A89
B90	AD[33]	GND	A90
B91	GND	AD[32]	A91
B92	予約	予約	A92
B93	予約	GND	A93
B94	GND	予約	A94

〈表 4-5〉拡張ボードの検出と消費電力

	PRSNT1#	PRSNT2#
拡張ボードなし	オープン	オープン
最大 25 W	GND	オープン
最大 25 W	オープン	GND
最大 7.5 W	GND	GND

〈図 4-5〉430FX（TSC ＋ TDR）＋ 82371 FB（PIIX）のシステム例



⑨システム構成の例（図 4-5）

PCI は特定の CPU やコンピュータ・システムに依存しない汎用バスですが，もともとは AT 互換機を最大のターゲットとして仕様が作られています．PCI と ISA をもつ AT 互換機のシステム構成の例を示します．

システムは CPU（Pentium など），ホスト・バス（CPU バス），外部キャッシュ，メイン・メモリ（DRAM），ホスト-PCI ブリッジ，ローカル・バス（PCI），各種の内蔵 PCI デバイス，PCI 拡張コネクタ，PCI-ISA ブリッジ，システム・バス（ISA），各種の内蔵 ISA デバイス，ISA 拡張コネクタから構成されています．

ホスト-PCI 間のインターフェース機能（ホスト-PCI ブリッジ，キャッシュ・コントローラ，DRAM コントローラなど）はチップ・セットとして 2 ～ 3 個の LSI にまとめられるのが普通です．また，PCI-ISA 間のインターフェース機能（PCI-

ホスト・バス

一般に，システムのメイン CPU をホスト CPU と呼ぶ．ここでは，ホスト CPU の CPU バスをホスト・バスと呼んでいる．

ISA ブリッジ，ISA バス・バッファなど），AT 互換のシステム・デバイス（8253 相当のタイマ，8259 相当の割り込みコントローラ，8237 相当の DMA コントローラなど）および標準 I/O デバイス（16450 相当のシリアル・インターフェース，8255 相当のパラレル・インターフェースなど）も 1 ～ 2 個の LSI にまとめられるのが普通です．

◆ 参考文献 ◆

(1) MindShare/Addison-Wesley, PCI System Architecture, 1995
(2) Annabooks, PCI Hardware and Software-Architecture and Design (3rd Edition), 1996
(3) インフォ・クリエイツ（0426-73-1025），PCI ハードウェアとソフトウェア-アーキテクチャ&デザイン（2 の和訳版），1997
(4) CQ 出版，Open Design, No. 7, PCI バスの詳細と応用へのステップ

トランジスタ技術 SPECIAL No.55

好評発売中

特集 作ってわかる電子回路製作入門

やさしい電子工作からパソコンを使ったシステム開発まで

B5 判　176 頁　1,835 円（税込）

電子機器や電子回路を組み込んだ機器が身近にあるにもかかわらず，これらを作ったりすることはたいへん敷居が高くなってきました．その理由は，電子部品の入手がむずかしくなってきたことと，基板の作成，部品のはんだ付け，動作の確認などのノウハウが伝わらなくなりつつあることでしょう．作るための道筋が用意されていれば，独自に学ぶこともできるでしょうし，理解も速いというものです．今回は作ることを第一に考えた特集です．

プロローグ 特集で製作するもの
第 1-1 章 極細棒発珍―まずは，作ってみよう（電池で蛍光灯をつけてみよう）
第 1-2 章 簡単にできる「壁づたいねずみ」の製作（まず動く模型をつくってみよう）
第 1-3 章 赤外投光器と高感度 CCD カメラで作る　ナイト・スコープの製作（暗がりでも見える便利なグッズ）
第 1-4 章 リズム・サウンド基板を作ろう（電源とスピーカをつないでドラマーの気分）
第 1-5 章 音声・効果音発生基板の製作（市販の音声 ROM はもちろん，自分の声も出力できる）
第 2-1 章 パソコンで制御する赤外リモコン「ねずみロボット」の製作（市販の模型に付加して機能を高めよう）
第 2-2 章 最新アルコール・センサによる「ほろ酔いメータ」の製作（呼気中のアルコール濃度を表示する…エタノール濃度測定器）
第 2-3 章 DSP 内蔵の音声録音再生 LSI によるボイス・レコーダの製作（留守番電話や声の伝言板に使える）
第 2-4 章 3 色 LED 表示パネルの製作（メッセージ表示によく使われるようになってきた）
第 3-1 章 コンピュータ・ミュージックの主役 MIDI（通信カラオケから CD レコーディングまで）
第 3-2 章 コンピュータ・ミュージックを始めよう（MIDI データを入手して簡単にできる）
第 3-3 章 BASIC でプログラムするリズム・マシンの製作（音源基板と CPU ボードで自動演奏）
第 3-4 章 FM 音源（OPLL）による電子オルゴールの製作（もっといい音で聞きたいという方のために）
第 3-5 章 最新音源 IC OPL4 による本格 GM 音源の製作（パソコン内蔵音源に満足できなくなったら考えてみよう）

CQ出版社　〒170-8461 東京都豊島区巣鴨 1-14-2 販売部　☎(03)5395-2141　振替 00100-7-10665

第1-5章　OS，パソコン，BIOS，ハードウェアのメーカが協議して作った規格

Plug and Play

〈名称〉
Plug and Play
〈発行日〉
1994.3 ～ 1996.3
〈発行者〉
Microsoft Corporation, Compaq Computer Corporation, Phoenix Technologies Ltd. , Intel Corporation,他
〈仕様書〉
Plug and Play BIOS Specification (v. 1.0a)
Plug and Play ISA Specification (v. 1.0a)
Plug and Play SCSI Specification (v. 1.0)
Plug and Play Parallel Port Devices (v. 1.0b)
Plug and Play External COM Device Specification (v. 1.0)
〈ファイルのダウンロード〉
(英語版) http://www. microsoft. com/hwdev/specs/pnpspecs. htm
〈情報入手先〉
http://www. microsoft. com

パソコンへのハードウェアの追加が簡単にできるようにするための規格

Microsoft社ではだれでも簡単に使えるユーザ・インターフェースを提供することを目標としてWindowsの開発を続けてきました．PnP(プラグ&プレイ)は，システムのハードウェアの拡張を簡単にするために，Windows 95で新たに採用された機能です．

PnPの機能はハードウェアに深くかかわっているため，OS (Windows 95) だけでは実現できません．パソコンのハードウェアやBIOS，拡張機器のハードウェアやデバイス・ドライバの対応も必要です．そこで，同社ではWindows 95の発売に先立って，1993年～1994年にPnPのためのいくつかの規格を公開して，パソコン，周辺機器，PC/AT互換BIOSなどのメーカに対応を呼びかけました．Windows 95向けに最適化したハードウェア仕様 (PC 95) を定めたWindows 95ハードウェアデザインガイドでも，これらのPnP規格への対応が必須あるいは推奨事項となっています．

BIOS
BIOSはパソコンのもっとも基本的な管理プログラムであり，基本入出力システム (Basic Input Output System) を略したもの．各部の初期設定ルーチンや，コントローラLSIの基本的な入出力ルーチンから構成される．

BIOSはそのパソコンのハードウェアに深く関わっており，OSのように外部から入れ換えて使うことはない．BIOSを書き込んだROMがマザーボード上に装着されて出荷される．

パソコン関連のすべてのメーカが関係する機能

ISA (IBM PC, PC/XT, PC/AT) やCバス (PC9801) など80年代の前半に開発されたパソコンの拡張バスは，I/Oアドレスや拡張メモリ，割り込みチャネル，DMAチャネルなどの資源の管理や拡張ボードへの割り当てをソフトウェア的に行う方法が定められていませんでした．そのため，パソコンに拡張ボードを装着

するときは，ユーザ自身が資源の状態を管理し，未使用の資源を拡張ボードに割り当てることが必要です．また，拡張ボード上のジャンパや DIP スイッチを使って設定を行わなければなりません．

その後，MCA（IBM PS/2），EISA（PC/AT 互換機），NESA（PC9801），PCI，PCMCIA など 80 年代の後半以降に開発された拡張バスには，拡張ボードの検出や設定を自動化するためのコンフィギュレーション機構が組み込まれたものが多くなりました．また，周辺機器メーカでも，設定をソフトウェア的に行うための独自のコンフィギュレーション機構を拡張ボードに組み込むところが現れました．しかし，これらの機構は統一されておらず，DOS でもサポートされなかったため，ごく一部でしか利用することができませんでした．

Microsoft 社では，DOS に代わる新しい OS として Windows 95 を開発するにあたり，それまでの DOS ではできなかったサービスを提供したいと考えました．そこで，ハードウェア拡張におけるコンフィギュレーションの自動化を Windows 95 のもっとも重要な新機能として位置付けるとともに，これを業界標準として普及するために PnP という統一した名称を提唱しました．

① OS レベルの機能

PnP 対応の OS は，拡張デバイスが利用できるすべての資源（I/O アドレス，拡張メモリ，割り込みチャネル，DMA チャネルなど）と，パソコンに接続されているすべてのデバイスを管理し，重複しないように資源を割り当てます．新たに拡張デバイスが接続されたときには，自動的にそのデバイスの種類や要求する資源を検出して未使用の資源を割り当てるとともに，設定を実行してデバイスを動作可能にします．また，何らかの理由で資源の割り当てができないデバイスを

DOS

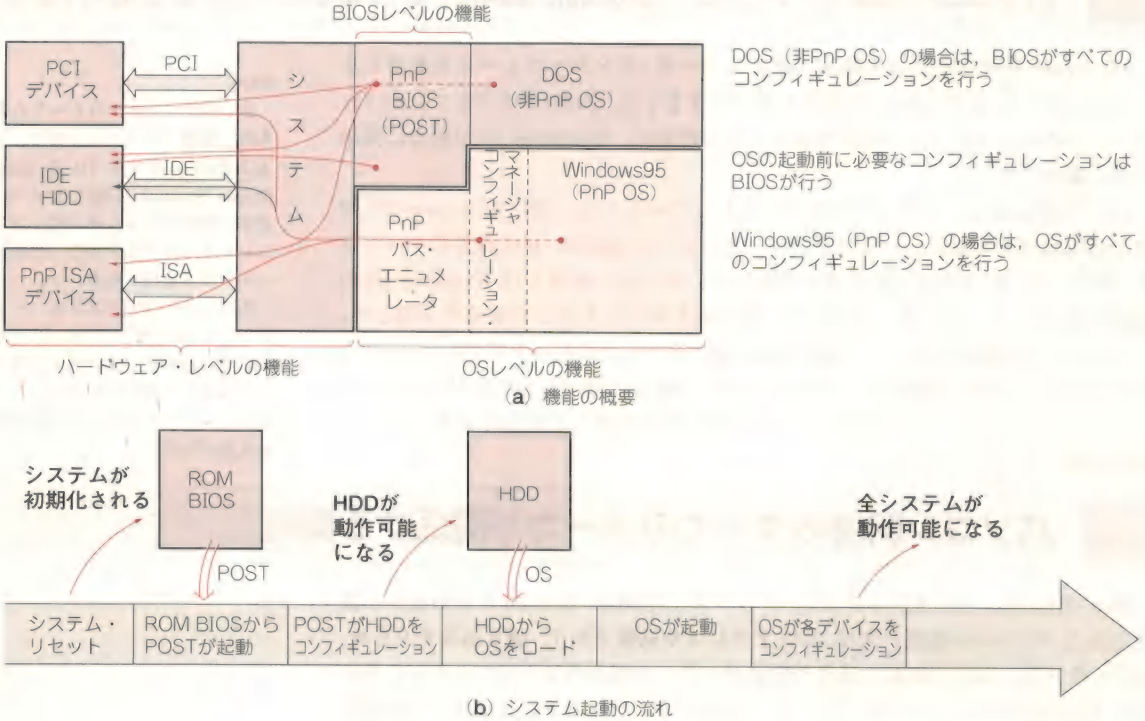
ディスク・オペレーティング・システム（Disk Operating System）を略したもの．Microsoft 社が IBM PC 向けに作ったものがあまりにも有名になったため，本来の意味から離れて，特定の OS 製品やアーキテクチャをさす用語として用いられるのが普通．

IBM 社が IBM PC を発売するときに，専用の OS として発売されたのが PC DOS. PC/AT や AT 互換機でも PC DOS が使われている．この PC DOS は Microsoft 社の OEM で，同社ではこれを他の 8086/8088 ベースのさまざまなパソコン用に移植し，MS-DOS の名称で OEM 販売してきた．

PC DOS や MS-DOS は Ver. 1.25，Ver. 2，Ver. 3，Ver. 4，Ver. 5，Ver. 6 とバージョンアップを重ね，現在の最新バージョンは PC DOS が Ver. 7.0，MS-DOS が Ver. 6.2.

Microsoft 社では長い間，DOS に関しては OEM 販売を行うだけで，同社のブランドで直接販売してこなかった．AT 互換機のユーザでも，DOS を購入するときは IBM 社の PC DOS を購入するのが普通だった．

〈図 5-1〉 PnP の機能



スリープさせる機能も必要です．

Windows 95はこのような資源の管理やデバイスの自動コンフィギュレーション機能を備えたOSです．しかし，Windows 95だけではコンフィギュレーションの自動化は実現できません．BIOSやハードウェア･レベルでの対応が必要です（図5-1）．

② BIOSレベルの機能

BIOSレベルでのPnP対応が必要な理由はふたつあります．パソコンの起動時にはOSが稼働していない時期があります．PnP OSが稼働している時期はOSが自動コンフィギュレーションのサービスを提供できますが，OSが稼働する前に起動すべきデバイスはROM BIOSがコンフィギュレーションしなければなりません．もうひとつの理由は，PnP対応のパソコンでも，従来のDOSなどPnP非対応のOSで使う場合もあります．この場合は，OSがデバイスをコンフィギュレーションできないので，やはりROM BIOSがデバイスをコンフィギュレーションしなければなりません．

ROM BIOSがもつべきPnP機能の仕様を定めたのが，Plug and Play BIOS Specificationです．Microsoft社ではなく，Compaq社，Phoenix Technologies社（互換BIOSメーカ），Intel社から発行されています．

Plug and Play BIOS Specificationは4章からなります（表5-1）．

第1章ではPnP BIOSの概要について述べています．PnP BIOSは従来のBIOSの拡張によって得られるもので，上位互換性をもちます．また，PnP BIOSはWindows 95などの特定のOSだけを対象とするものではなく，OSに

スリープ

バスに接続されたデバイス（LSI）が動作しないような状態におくこと．とくに，CPUからのリード/ライト命令や割り込み/DMAアクノリッジに反応しないことが必要．

デバイスに資源の割り当てができないのは，非PnPデバイス（CPU側で必要な資源を認識できない）の場合や，PnPデバイスの場合でも資源の空きがなくて割り当てられない場合です．いずれの場合でも，そのデバイスが正常に動作できないだけでなく，同じアドレスや割り込み/DMAチャネルに割り当てられたデバイスの動作を妨げる危険がある．

上位互換性

従来のBIOSの機能は完全にもっており，それ以前のハードウェア，ソフトウェアに対して互換性がある．それに拡張機能が付加されたものとなっている．

〈表5-1〉Plug and Play BIOS Specificationの構成

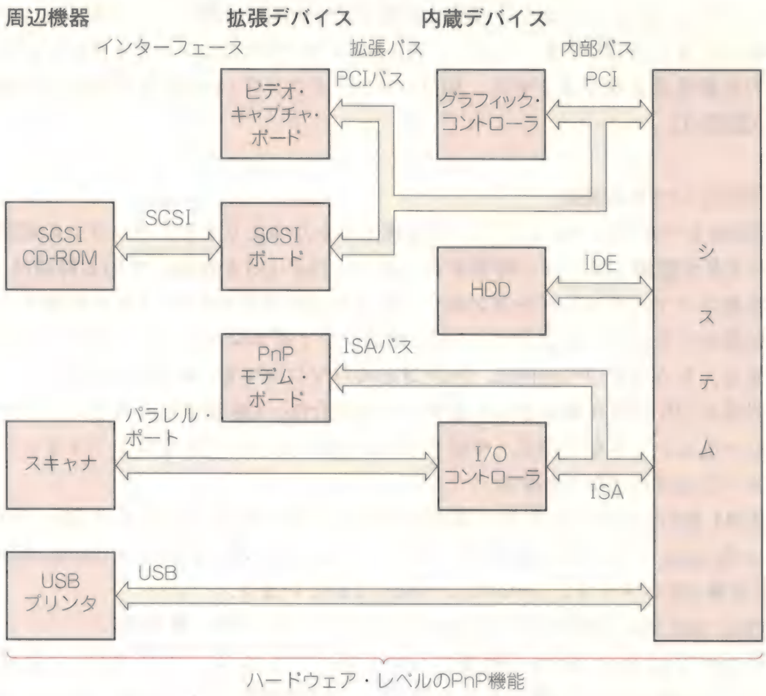
第1章
- 1.0　概要
- 1.1　PnP BIOSの目標
- 1.2　従来のBIOSアーキテクチャの拡張
- 1.3　PnP BIOSアーキテクチャの基本要素
- 1.4　インストール構造

第2章
- 2.0　BIOSによるシステムの初期化
- 2.1　BIOSに必要なPOST機能
- 2.2　PnP ISA拡張ボードのサポート
- 2.3　POSTオプションROMの初期化
- 2.4　OSへの制御の移行
- 2.5　POSTの実行フロー

第3章
- 3.0　オプションROMのサポート
- 3.1　オプションROMヘッダ
- 3.2　PnPのためのヘッダ拡張
- 3.3　オプションROMの初期化
- 3.4　オプションROMの初期化フロー
- 3.5　ISAオプションROMと資源のマッピング
- 3.6　ブートエラーの回復

第4章
- 4.0　コンフィギュレーションのサポート
- 4.1　システムデバイスのコンフィギュレーション･リスト
- 4.2　システムデバイスのノード定義
- 4.3　PnP　BIOSのファンクション
- 4.4　PnPデバイス・インストール時のチェック
- 4.5　システムコンフィギュレーションのファンクション
- 4.6　イベント通知のファンクション
- 4.7　コンフィギュレーションの拡張ファンクション
- 4.8　パワー・マネジメントのファンクション

〈図 5-2〉PnP のシステム構成の例



依存しない汎用の BIOS であると定めています．

第 2 章はパソコンの起動時における BIOS の機能について述べています．パソコンの電源を ON にすると，まずマザーボード上の ROM BIOS が起動してシステムの最小限のテストと設定を行い，システムを動作可能にします．PC/AT 互換機では，起動に必要なシステムの設定情報は **CMOS** と呼ばれる**不揮発メモリ**に保存されており，BIOS は CMOS の情報を読み込んでシステムを設定し，起動します．この，起動時のテストとシステム設定の機能を POST（パワーオン・セルフテスト）と呼びます．

つぎに，BIOS はハードディスクなどから OS を読み込んで起動します．OS の読み込みや起動に必要なハードディスク，フロッピディスクなどのデバイス（ブート・デバイス）は，OS が稼働する前に動作可能でなければなりませんから，OS ではコンフィギュレーションできず，POST でコンフィギュレーションを行うことが必要です．

第 3 章はオプション ROM について述べています．マザーボード上のシステム・デバイスに対する各種の BIOS サービス・ルーチンは，マザーボード上の ROM BIOS に含まれています．それに対して，拡張デバイスに対する BIOS サービス・ルーチンが，オプション ROM として拡張ボード上に搭載される場合があります．オプション ROM の PnP 対応のための拡張が定められています．

第 4 章は BIOS の PnP 拡張ファンクションについて述べられています．OS が稼働している期間も，BIOS は OS に対して各種のサービスを行います．サービスの内容はほとんどが基本的なハードウェア入出力のサポートで，これが BIOS（Basic I/O System）という名称の起源ともなっています．サービスは，80 x86 のソフトウェア割り込みを利用したファンクション・コールとして提供されます．

CMOS

IBM PC や PC/AT では，システムの初期設定に必要な基本情報をバッテリ・バックアップされた CMOS SRAM に保存してあり，電源を切っても基本情報が失われないようになっている．

IBM 社では何を思ったか，このメモリに CMOS と名前をつけてしまった．おそらく，初代 IBM PC の回路は NMOS LSI と TTL ロジックばかりで構成されていて，CMOS IC は他に 1 個も使っていなかったからだろう．

不揮発メモリ

データを自由に書き込みすることができて，書き込んだデータを電源を切っても保持できるメモリを一般に不揮発メモリと呼んでいる．

DRAM や SRAM はデータを自由に書き込めるが，電源を切るとデータは消えてしまう．一方，マスク ROM や EPROM は電源を切ってもデータは消えないが，データを書き込むことができない．

書き込みができて，電源を切ってもデータを保持できる構造のメモリとして，EEPROM や FRAM が使われている．フラッシュ・メモリも EEPROM の一種．

また，SRAM や DRAM をバッテリでバックアップして，本体の電源を切ってもメモリだけは電源が落ちないようにすることもできる．とくに SRAM は，低い電圧とごくわずかな消費電流でバックアップができるため，バッテリと組み合わせて不揮発メモリとしてしばしば用いられる．

〈表 5-2〉Plug and Play ISA Specification の構成

第1章	イントロダクション
第2章	自動コンフィギュレーションの手順
第3章	デバイスの分離と認識
第4章	PnP デバイスのプログラミング
第5章	PnP の機能
第6章	リソースデータ
第7章	リソースデータと依存する機能

〈表 5-3〉Plug and Play SCSI Specification の構成

第1章	スコープ
第2章	参照文献
第3章	用語と略語
第4章	適合
第5章	ハードウェア
第6章	コネクタ
第7章	システム・コンフィギュレーション
第8章	80x86 ソフトウェアの問題点
第9章	一般的なソフトウェアの問題点

③ハードウェア・レベルの機能

Windows 95 がターゲットとするパソコンには，ISA をはじめとして MCA, EISA, NESA, PCI, PCMCIA などさまざまな拡張バスが搭載されます．PnP はこれらのすべてをカバーしています．また，拡張バスだけではなく，SCSI やパラレル・ポート，シリアル・ポートなどのインターフェース・ポートに接続される拡張機器もカバーします（**図 5-2**）．

MCA, EISA, NESA, PCI, PCMCIA などコンフィギュレーション機構をもつ拡張バスでは，PnP はそれらを利用できます．しかし，もともとコンフィギュレーション機構をもたない ISA や SCSI，パラレル・ポート，シリアル・ポートなどには，PnP 対応に必要なコンフィギュレーション機構を個別に規格化することが必要です．このため，Plug and Play ISA Specification, Plug and Play SCSI Specification, Plug and Play Parallel Port Devices, Plug and Play External COM Device Specification の四つの規格が作られました．

さらに，その後パソコンの新しいインターフェース・ポートとして IEEE 1394（通称 Fire Wire）が登場したことから，IEEE 1394 のための PnP 規格として 1997 年に Plug and Play Design Specification for IEEE 1394 が作られています．

Plug and Play ISA Specification は Intel 社と Microsoft 社から発行されたものです．PnP 対応のための ISA の拡張仕様について述べられており，7 章からなります（**表 5-2**）．

Plug and Play SCSI Specification は Adaptec 社，AT&T Global Information Solutions 社，DEC 社，Future Domain 社，Maxtor 社と Microsoft 社から発行されたものです．PnP 対応のための SCSI の拡張仕様について述べられており，9 章からなります（**表 5-3**）．

Plug and Play Parallel Port Devices は Microsoft 社から発行されたものです．プリンタなどのパラレル・ポート・デバイスを PnP 対応にするための仕様について述べられています．

Plug and Play External COM Device Specification は Microsoft 社と Hayes 社から発行されたものです．モデムなどのシリアル・ポート・デバイスを PnP 対応にするための仕様について述べられています．

Fire Wire

IEEE 1394 はもともと Apple 社が開発した高速シリアル・インターフェースをもとに作られた規格であり，同社では Fire Wire という名称で呼んでいる．

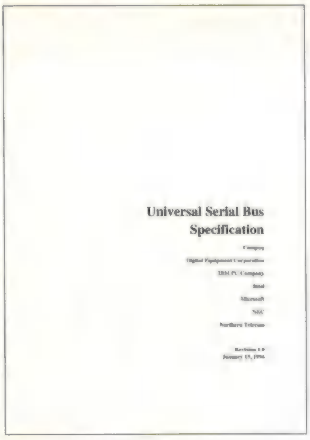
Fire Wire という名称の由来は知らないが，炎のように速いということから付けられたと思われる．決して，火が出るほど熱いという意味ではないだろう．

◆ 参考文献 ◆

(1) MindShare/Addison-Wesley, Plug and Play System Architecture, 1995
(2) ソフトバンク，Plug and Play System Architecture（1 の和訳版），1996

第1-6章　パソコンと周辺機器との接続を1本化するインターフェース規格

USB



〈名称〉

Universal Serial Bus

〈発行日〉

1996.1.15

〈発行者〉

Compaq Computer Corporation, Digital Equipment Corporation, IBM PC Company, Intel Corporation, Microsoft Corporation, NEC, Northern Telecom

〈仕様書〉

Universal Serial Bus Specification (Rev. 1.0)

〈ファイルのダウンロード〉

(英語版) http://www. teleport. com/~usb/docs. htm

〈情報入手先〉

http://www. usb. org

周辺機器とパソコンの接続を同一のコネクタで行う

パソコンの周辺インターフェースとしては長い間シリアル・ポート(RS-232-C)とパラレル・ポート(セントロニクス)がおもに使われてきましたが，いずれも転送速度の限界が低いことや，1ポートに1デバイスしか接続できないため複数のデバイスを接続するにはポート数が増えてしまう難点がありました．また，それ以外にもキーボード，マウス，ディスプレイなどは個別のポートをもっており，パソコンの背面は多種多様なコネクタで埋まってしまっています．

これらのインターフェースを統合し，1個のコネクタにさまざまな周辺機器を接続できるようにしたのがUSBです．

1993年に，Compaq社，Intel社，Microsoft社，NEC社の4社の技術者が集まって次世代の周辺インターフェースの共同研究を始めたのがUSBの起こりだと言われています．翌年にはDEC社，IBM社，Northern Telecom社が開発に加わり，この7社によって1995年に第0.9版の仕様書が発行されました．同年には，USBの普及を目標とする推進団体のUSB Implementers Forumも設立され，もっとも有力な次世代の標準周辺インターフェースとして急速に注目を集めるようになりました．

1996年には仕様書の第1版が公開されるとともに，コントローラLSIの製品化が始まったことから，パソコンにUSBを装備できる環境が整いました．また，PC 97ハードウェアデザインガイド，PC 98システムデザインガイドでもUSBが必須の装備として採用されたため，USBは急速に普及を始めています．1998年末にはほぼすべてのパソコンにUSBが装備されるとともに，周辺機器もUSB対応のものが広く出回ると考えられます．

現在では，まだUSB対応でない従来の周辺機器が圧倒的に多いため，シリアル・ポート，パラレル・ポートなど従来からある周辺インターフェースはそのまま

セントロニクス

セントロニクス社はアメリカのプリンタ・メーカである．同社のプリンタ・ポートの仕様を多くのパソコン・メーカやプリンタ・メーカが採用したため，プリンタ・ポートの事実上の標準(デファクト・スタンダード)となった．

セントロニクス仕様のプリンタ・ポートは，8ビット・パラレルのデータ転送を行うため，IBM社では「プリンタ・ポート」と呼ぶかわりに「パラレル・ポート」と呼んでいる．

残して，それに加えてUSBポートを採用した機種が大部分です．しかし，今後USB対応の周辺機器が普及するにつれて従来の周辺インターフェースは次第に姿を消し，USBに置き換えられていくことが予想されます．

いろいろな周辺機器に対応するためのテクニック

USBはパソコンの周辺機器のための汎用インターフェースで，低速から中速の分野をカバーしています．特定の機器を対象としたものではなく，さまざまな機器が混在できるように考えられています．モデムやプリンタなどの従来の周辺機器だけでなく，電話やオーディオ機器などの家庭用マルチメディア機器への対応も考えられており，音声などのリアルタイム伝送が可能な仕様となっています．

ただし，画像データのリアルタイム伝送には転送速度が不足するため，マルチメディアとしては低速の用途に限られます．画像機器や大容量ストレージなど高速のマルチメディア用途インターフェースとしては，IEEE 1394などの他のインターフェースを併用するように考えられています．

USBのもうひとつの特徴として，ホットプラグやPnPへの対応による使いやすいユーザ･インターフェースがあります．**ホットプラグ**によって，パソコンを動作させたままで周辺機器の接続や切り離しが自由にできます．また，PnPによって接続された機器の検出や設定が自動的に実行され，だれでも簡単にシステムの拡張ができます．

ホットプラグ

回路の電源をONにしたままケーブルを抜き差しすることが可能で，しかも抜き差しの後でシステムをリセットする必要がないことをホットプラグと呼ぶ．

ホットプラグ対応でないケーブルをシステムの動作中に抜き差しすると，システムの誤動作やハングアップを起こしたり，最悪の場合は回路を故障させる場合もある．

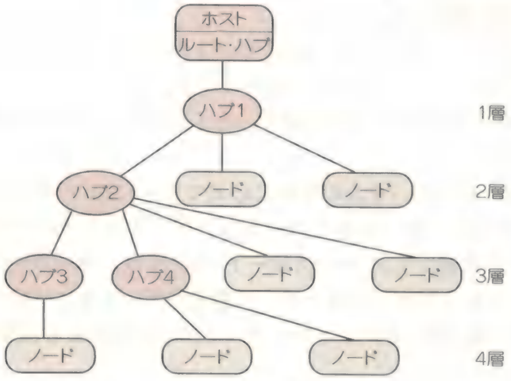
①システム構成（図6-1）

USBのシステム構成の特徴は，1台のホスト（パソコン）を中心としたツリー構造をとっていることです．ハブを用いて拡張することにより，パソコン側の1個のポートに多数の機器を次々に接続できます．1台のホストには最大127台の周辺機器を接続でき，さらに1台の周辺機器の中に最大16個の独立した機能を定義できます．USBを用いれば，パソコンに接続できる周辺機器の数は実用上ほぼ無制限と考えられます．

ツリーは最大6階層まで接続できます．ハブは独立した機器とすることもできますし，周辺機器に内蔵することもできます．ホストにはルートのハブを内蔵しています．

すべての周辺機器はホストによって管理されており，ホストとの間でデータを

〈図6-1〉USBのバス･トポロジ



やり取りします．周辺機器と周辺機器の間で直接データを転送することはできません．また，周辺機器からホストにデータ転送を要求することはできず，ホスト側からの呼び出しに従ってデータのやり取りを行います．これは，ごく低価格の周辺機器にもUSBを採用できるように，周辺機器側の負担を最小限に減らすためと考えられます．

USBケーブル
USBの接続ケーブルは，専用のケーブルが規格で定められている（p. 54参照）．

また，**USBケーブル**には電源線も含まれており，USBケーブルを通じてホストから周辺機器に電源を供給できます．データ転送はシリアルに行うため，電源線（V_{cc}，GND）を含めてもケーブルは4本ですみ，コネクタも小型にできます．これらの特徴も，周辺機器のコストダウンに役立ちます．

②信号とコネクタ（図6-2）

USBはシリアル・データを差動信号として伝送します．1対の信号線（D+，D－）と1対の電源線（V_{cc}，GND）の4本のケーブルで接続でき，小型のコネクタとなっています．従来のシリアル・ポートやパラレル・ポートの，ピン数が多く，コネクタが大型になってしまうという欠点は解決されています．誤接続を防ぐため，**モジュラ・コネクタ**などの安価な汎用コネクタではなく，独自のものを採用しています．当面はややコストがかかりますが，USBの普及とともに安価に供給されるようになると思われます．

モジュラ・コネクタ
電話線の接続や，10 BASE-Tの接続に用いられている規格サイズのコネクタ．いくつかの種類がある．

ケーブルの上流側（CPUに近い側）と下流側（CPUから遠い側）ではコネクタの大きさや形状を変えてあり，上流側のコネクタをシリーズA，下流側のコネクタをシリーズBと呼びます．これも誤接続を防ぎ，機器の接続や切り離しを容易にするための配慮です．キーボードやマウスなどのケーブル一体型の周辺機器では，ケーブル端のシリーズAプラグをCPUまたは上流側ハブのシリーズAソケットに差し込みます．プリンタやスキャナなどのケーブル別体型の周辺機器では，ケーブルの一端のシリーズBプラグを周辺機器のシリーズBソケットに差し込み，他端のシリーズAプラグをCPUまたは上流側ハブのシリーズAソケットに差し込みます．これによって，周辺機器は確実にCPUと接続されます．

また，USBのコネクタであることを示すアイコンが決められており，プラグや筐体に表示しなければなりません．

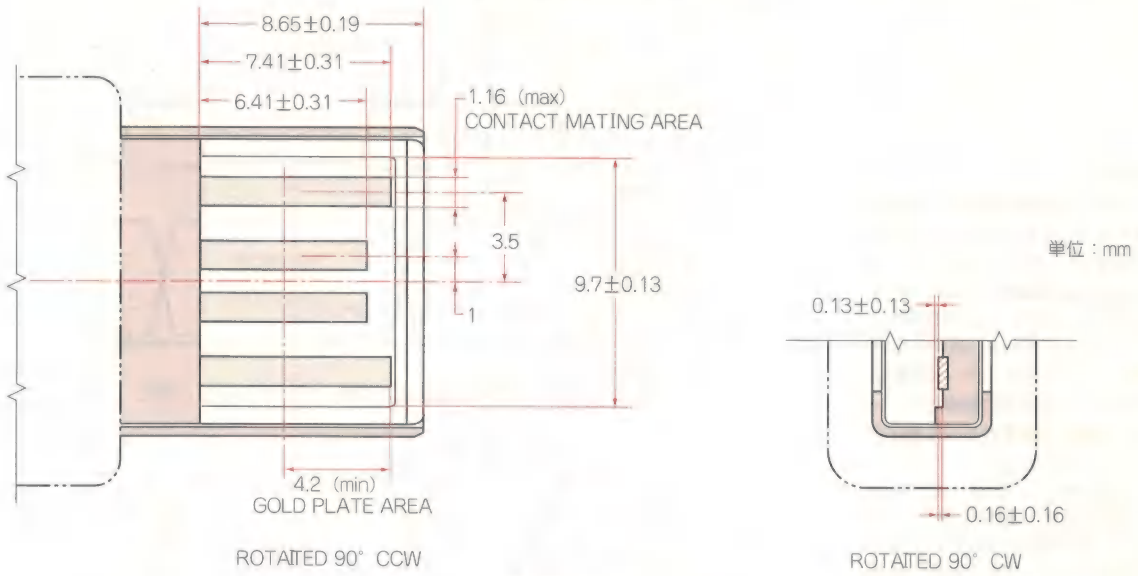
さらに，コネクタにはホットプラグに対応するための工夫がされています．信号ピン（D+，D－）よりも電源ピン（V_{cc}，GND）のほうのピンが少し長くなっており，接続時には電源ピンが先に接続され，切り離し時には電源ピンが後に切り離されます．それによって，信号ピンが接続されているときは，かならずデバイスに電源が供給されるようになっています．

③データ転送速度（図6-3）

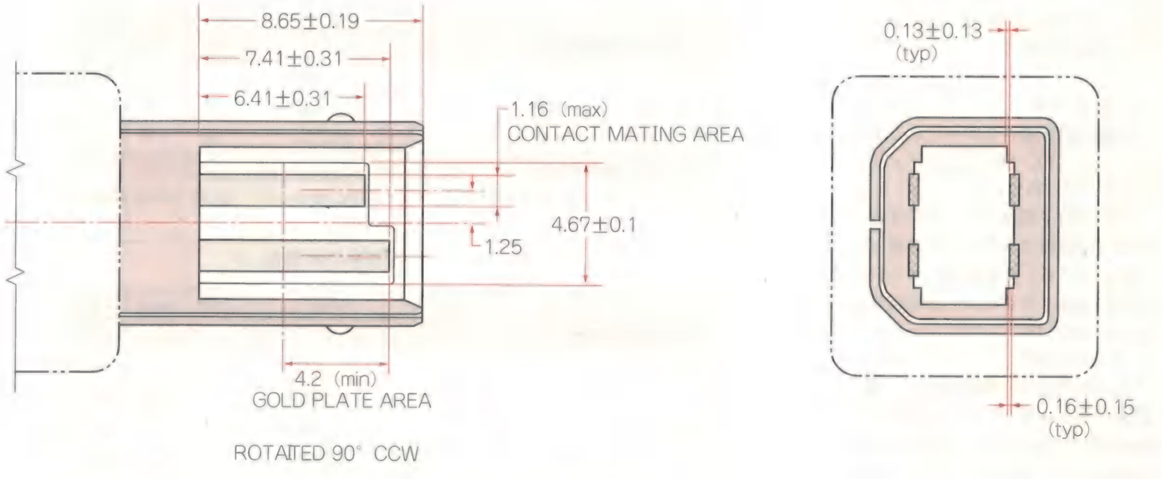
USBの転送速度は2種類あり，12 Mビット/sのフル・スピード・モードと1.5 Mビット/sのロー・スピード・モードがあります．ロー・スピード・モードでも従来のシリアル・ポートの約10倍と高速で，ハイ・スピード・モードの転送速度はさらにその8倍です．

各デバイスは，そのデバイスの目的に応じてフル・スピード・モードかロー・スピード・モードのどちらか一方をサポートします．ホストやハブは，どちらにも対応できることが必要です．ロー・スピード・モードは，キーボードやマウスのような人間が操作する入力デバイスをおもに想定しています．フル・スピード・モードは大量のデータ転送や，音声などのリアルタイム伝送をおもに想定しています．

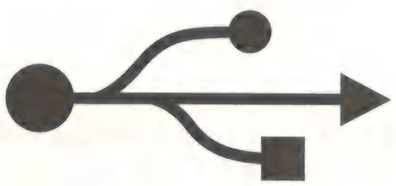
〈図 6-2〉信号とコネクタ



（a）シリーズAプラグの外形



（b）シリーズBプラグの外形

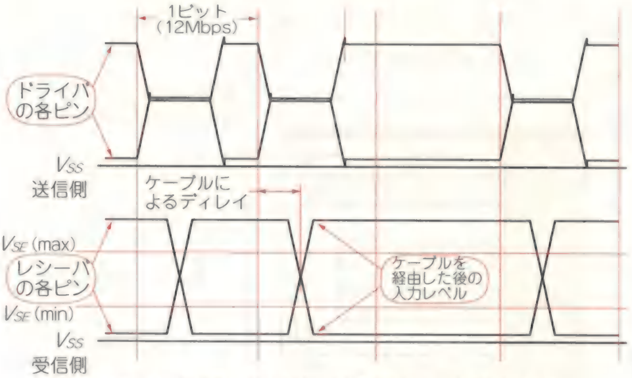


（c）USB機器のコネクタであることを示すアイコン

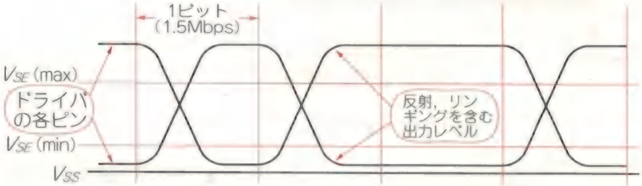
ピン番号	信号名	ケーブルの色
1	V_{CC}	赤
2	－D	白
3	＋D	緑
4	グラウンド	黒

（d）端子の機能

〈図 6-3〉データ転送速度



(a) ハイ・スピード信号の送信側（上段）と受信側（下段）の波形



(b) ロー・スピード信号の送信側の波形

パラメータ	記号	条件	min	max	単位
〈ドライバの特性〉					
立ち上がり	T_R	C_L = 50pF	4	20	ns
立ち下がり	T_F	C_L = 50pF	4	20	ns
立ち上がり/立ち下がり比	T_{RFM}	(T_R/T_F)	90	110	%
〈データのタイミング〉					
フル・スピード時の転送速度	T_{DRATE}	平均ビット・レート (12Mbps ± 0.25%)	11.97	12.03	Mbps

(c) フル・スピード信号のAC特性

パラメータ	記号	条件	min	max	単位
〈ドライバの特性〉					
立ち上がり	T_R	C_L = 50pF	75		ns
		C_L = 350pF		300	ns
立ち下がり	T_F	C_L = 50pF	75		ns
		C_L = 350pF		300	ns
立ち上がり/立ち下がり比	T_{RFM}	(T_R/T_F)	80	120	%
〈データのタイミング〉					
ロー・スピード時の転送速度	T_{DRATE}	平均ビット・レート (1.5Mbps ± 1.5%)	1.4775	1.5225	Mbps

(d) ロー・スピード信号のAC特性

AWG28

AWG (American Wire Guage) はアメリカでもっとも広く普及しているケーブルの規格．古くはBrown and Sharpe Guageと呼ばれていたもので，いわゆるデファクト・スタンダード（事実上の標準）の一つである．ゲージの数値はいろいろな書籍に掲載されているが，現在は規格書として発行されてはいないようだ．

AWG28は，直径0.125 inch（国際単位系に換算すると0.32 mm），配線抵抗70.8 Ω/feet (232 Ω/km) のケーブル．なお，線の番号が小さいほど線は太くなり，番号が6減るごとに直径は2倍になるというルールがある．たとえば，AWG22は直径0.25 inch (0.64 mm) となる．

ツイスト・ペア

往復の信号線を2本ペアにしてねじったもの．日本語では「より対線」と呼ばれている．

通常の電子回路では，出力された信号の電流はグラウンドを通って戻ってくる．そのため，とくに信号の帰線（リターン）を意識することはない．

データ伝送では，ドライバから出力された信号の帰線が必要．帰線を共通（コモン）にすれば信号線の数が減らせるので，低速や近距離の伝送ではしばしば用いられる．

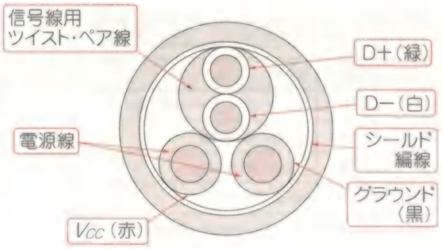
しかし，往線と帰線は同じケーブルのペアにするほうが，波形歪みやノイズの影響を減らせるため，本格的な伝送ではペア線を用いるのが普通．ただのペア線よりも，ペア線をねじったツイスト・ペアのほうがさらに一段と波形歪みやノイズに強いので，高速や長距離の伝送ではツイスト・ペアがよく用いられる．

ツイスト・ペアよりもさらに伝送特性のよいケーブルとして同軸ケーブルがあるが，高価なため，最近では安価なツイスト・ペアを使った伝送方式が増えている．

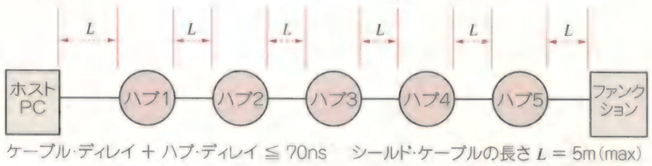
④ケーブル（図6-4）

フル・スピード・モードでは，信号線としてシールドされたAWG28のツイスト・ペアを用いることが指定されています．フル・スピード・モードは信号の立ち上がりが高速なため，シールドによって外部への放射ノイズを防ぐことが必要です．ロー・スピード・モードは信号の立ち上がりがゆるやかで放射ノイズが小さいため，ケーブルの指定はなく，シールドやツイストも必要ありません．もちろん，フル・スピード・モードと同じシールド・ケーブルを使うこともできます．

〈図 6-4〉ケーブル



(a) USBシールド・ケーブルの断面図



(b) USBのケーブル長

なお，電源線には AWG20 〜 AWG28 のペア線を使うことが決められています．

ハブ−ハブ間のケーブルの長さは，AWG28 の STP の場合は最大 5 m，それ以外のケーブルの場合は最大 3 m に制限されます．最大 6 階層まで接続できることから，ホストから末端のデバイスまでの最大距離は 30 m となります．

STP

シールド付きツイスト・ペア (Shielded Twist Pair) の略．ちなみに，シールドなしツイスト・ペアは UTP (Unshielded Twist Pair) と呼ばれる．

⑤転送速度の検出 (図 6-5)

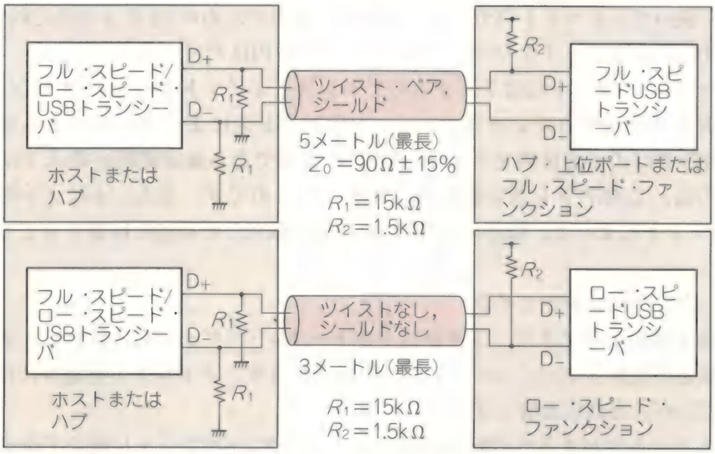
ハブに接続されたデバイスのデータ転送速度を自動的に検出するために，デバイスの USB ポートにはプルアップ抵抗を接続することが決められています．フル・スピード・モードのデバイスは，信号線の D+ を 1.5 kΩ でプルアップします．ロー・スピード・モードのデバイスは，D − を 1.5 kΩ でプルアップします．

デバイスが接続されたら，ハブは D+ と D − のどちらがプルアップされているかを調べて，それに合わせた速度で転送を行います．

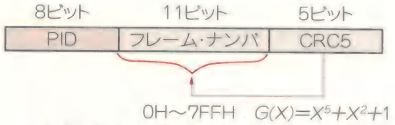
⑥パケットによる転送 (図 6-6)

USB のデータ転送はホストの制御の下に行われます．ホストは接続されているすべてのデバイスを認識しており，各デバイスを定期的にポーリング (点呼) します．ポーリングされたデバイスだけがデータを転送することができ，デバイス側から転送を開始することはできません．したがって，正常な状態ではデータの衝突は起こりません．

〈図 6-5〉転送速度の検出



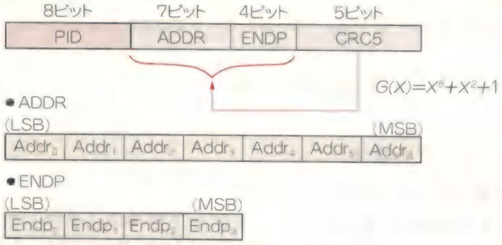
〈図 6-6〉パケットによる転送



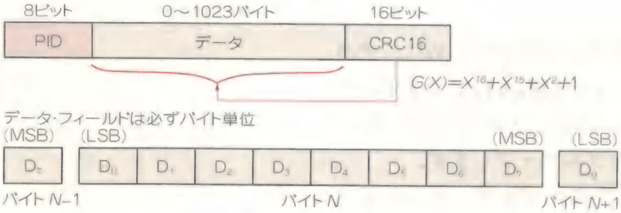
(a) SOF (Start of Frame) パケット

PID	PID名	PID[3:0]	定義
トークン	OUT	0001	エンド・ポイントへの転送
	IN	1001	ホストへの転送
	SOF	0101	Start Of Frame
	SETUP	1101	セットアップ
データ	DATA0	0011	データ・パケット PIDeven
	DATA1	1011	データ・パケット PIDodd
ハンドシェーク	ACK	0010	データ受信成功
	NAK	1010	データ転送不可
	STALL	1110	エンド・ポイントのストール
スペシャル	PRE	1100	ロー・スピード転送イネーブル

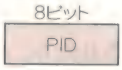
(b) PIDの構成



(c) トークン・パケット



(d) データ・パケット



(e) ハンドシェイク・パケット

パケット

データ伝送において，裸のデータ・ビットをそのまま送るのではなく，ヘッダやアドレス，エラー訂正ビットなどを付加して定型のデータ・ブロックとして送る方法が用いられている．

この定型のブロックをパケット（小包）と呼ぶ．荷物を送るときに，決められた箱に入れ，決められた荷札をつけて定型の小包として送るようなやり方．

CRC

サイクリック・リダンダンシ・チェック（Cyclic Redundancy Check）の略．伝送誤りを検出する代表的な方法として，冗長（redundancy）ビットを付加する方法が用いられている．パリティも冗長ビットの一つだが，CRC はより高度な検出能力をもつ冗長ビットの方式．

また，決められたフォーマットのパケットだけを転送することができます．パケットには，伝送の制御のためのトークン・パケット，ハンドシェイク・パケット，スペシャル・パケットと，データの転送のためのデータ・パケットがあります．

各パケットは，パケットの種類を示す 8 ビットの PID で始まります．パケットの種類を示す PID は本来 4 ビットですが，伝送誤りを検出するために，PID とその反転（/PID）を連続して送る反転 2 連送方式を採用しています．そのため，パケットの PID 部は 8 ビットとなっています．

トークン・パケットは，PID に続いて，制御情報（相手アドレスなど）と伝送誤り検出のための 5 ビットの CRC を送ります．また，データ・パケットは，PID に続いて，*N* バイトのデータと伝送誤り検出のための 16 ビットの CRC を送ります．ハンドシェイク・パケットは 8 ビットの PID だけです．

トークン・パケットには 7 ビットのアドレスと 4 ビットのエンド・ポイント・サブアドレスが含まれています．7 ビットのアドレスによって，ホストも含めて 128 台のデバイスを区別できます．USB に接続できる周辺機器が最大 127 台というのは，このアドレスの制限から決まったものです．また，4 ビットのエンド・ポイントによって，機器の内部で 16 種類の独立した機能を区別できます．

⑦トークンとハンドシェイク

転送を開始するときは，まずホストがトークン・パケットを送信して，デバイスに転送の種類とデバイスのアドレスを通知します．アドレスを指定されたデバイスだけが，それに応答します．

ホストからデバイスへの転送の場合は，トークン・パケットに続いてホストが

データ・パケットを送信します．データを受信したデバイスは，正常受信ならACK，CRC エラーなどの異常があればNAK のハンドシェイク・パケットで応答します．

デバイスからホストへの転送の場合は，トークン・パケットに対してデバイスがデータ・パケットを送信します．データを受信したホストは，正常受信ならACK，CRC エラーなどの異常があればNAK のハンドシェイク・パケットで応答します．また，トークン・パケットを受け取ったデバイスが送信すべきデータをもたない場合は，NAK のハンドシェイク・パケットで応答します．デバイスは，データ転送の一時中断の要求にもNAK を使うこともでき，フロー制御を行うこともできます．

このように，CRC による伝送誤り検出やハンドシェイク・パケットの応答を用いて再送などのエラー訂正を行うことにより，確実なデータ転送を実現できます．USB ではデータ効率は多少低下しますが，確実な転送を実現するために，反転2 連送やCRC によって転送をしています．

ACK
アクノリッジ（acknowledge）の略で，受信したデータを正常に受け入れたことを示す．

NAK
ノット・アクノリッジ（not acknowledge）の略で，受信したデータを正常に受け入れられなかった（伝送エラーを検出した）ことを示す．

⑧転送のスケジューリング（図 6-7）

USB のデータ転送のもう一つの特徴は，1 ms ごとに反復されるフレームで時間を区切り，それぞれのフレームの中で各デバイスに少しずつ転送時間を割り当てることです．データ・パケットの最大長は，かなり短く制限されています．すなわち，USB ではひとつのデバイスとの転送のために長時間バスを占有することはなく，他のデバイスとの転送をいつでも実行できるようになっています．これによって，割り込みを使わずにデバイスの待ち時間を保証できるとともに，転送の帯域幅を保証できるようになります．そのかわり，多量のデータは少しずつ何回にも分けて転送するため，効率はやや低くなります．

このような転送のスケジューリングも，すべてホストが行います．各デバイスはコンフィギュレーション時に，どのような条件で転送のサービスを受けたいかをホストに伝えます．ホストはすべてのデバイスの要求を調べて，転送のスケジュールを決定します．

ホストは，1 ms ごとに特別のトークンとしてSOF（Start of Frame）パケットを送信して，フレームを開始します．それに続いて，スケジュールに従って順次トークン・パケットを送信してデバイスを呼び出し，転送を実行します．

フレーム
frame は「枠」のこと．

⑨転送のモード（表 6-1）

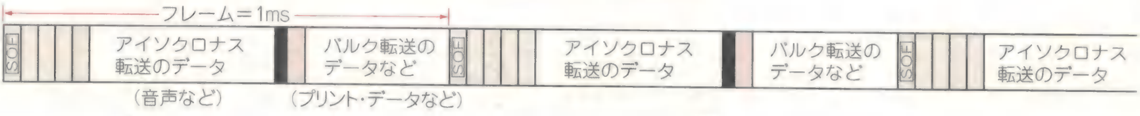
USB のデータ転送にはアイソクロナス転送，インタラプト転送，コントロール転送，バルク転送の四つの転送モードがあります．

▶ アイソクロナス転送

あるデバイスに対して，各フレームごとにかならず n バイト分の転送時間を割り当てれば，n k バイト/s の帯域幅を保証できます．このような転送方式をアイソクロナス転送と呼びます．アイソクロナス転送は長時間にわたるデータの中断がなく，いつも平均的にデータを転送できることから，音声などのリアルタイム

帯域幅
ここでは，伝送の平均データ・レートのこと．
帯域幅は本来アナログ的な概念であり，ディジタル信号の直接伝送（ベース・バンド伝送）には無関係なはずだが，最近ではデータ・レートという意味で帯域幅という用語を使うのが流行している．

〈図 6-7〉転送のスケジューリング



伝送に適しています．大容量のバッファをもたなくても，とぎれなく音声を再生することができます．また，待ち時間も最大1msと小さいことから，電話のように瞬時の応答が要求されるアプリケーションでも遅れなく音声を再生できます．

USBでは，アイソクロナス転送を行うデバイスにもっとも優先的に時間を割り当てます．アイソクロナス転送はフル・スピード・モード（12Mバイト/s）でしか利用できず，1フレームあたりの転送量は最大1023バイトです．すなわち，転送の帯域幅は最大1023kバイト/sとなります．アイソクロナス転送を希望するデバイスは，コンフィギュレーション時に必要な帯域幅をホストに伝えます．

なお，アイソクロナス転送では伝送誤りが検出されても**再送によるエラー訂正**を行いません．音声などのリアルタイム伝送の場合，伝送誤りによって発生する多少のノイズよりも，パケットの再送によるデータ抜けから発生するノイズのほうが聴感上の問題が大きいと考えられるためです．データ・エラーを許容できない用途では，アイソクロナス転送のかわりに，バルク転送を使わなければなりません．

再送によるエラー訂正
データ伝送では，電気的に伝送エラーの発生を完全に防ぐことはできない．そのため，受信したデータ・ビットをチェックして伝送エラーを検出し，エラーがあれば同じデータを再度送ってもらうという方法を用いている．

▶ インタラプト転送

USBには割り込みの機能がありません．すなわち，デバイスからCPUに転送を要求する割り込みをかけることができません．そのかわり，CPUが定期的にデバイスをポーリングして，転送すべきデータがあればデータ転送を行います．ポーリングの間隔を十分に短くできれば，割り込みの機能がなくても不便ではありません．

このような割り込みの代用として用意されたモードがインタラプト転送です．インタラプト転送は，アイソクロナス転送の次に優先してスケジューリングされます．インタラプト転送はフル・スピード・モードとロー・スピード・モードのいずれでも利用できます．1フレームあたりの転送量は，フル・スピード・モードでは最大64バイト，ロー・スピード・モードではその1/8の最大8バイトです．インタラプト転送を希望するデバイスは，コンフィギュレーション時に**最大待ち時間**と**最大転送量**をホストに伝えます．

最大待ち時間
伝送を要求してから，実際にデータ転送を完了するまでの待ち時間の許容限度．

最大転送量
規格上の最大転送量はフル・スピード・モードで64バイト/フレーム，ロー・スピード・モードで8バイト/フレームですが，それだけの転送量を必要としないデバイスもある．そのため，各デバイスはあらかじめ必要な最大転送量（バイト/フレーム）をホストに伝えておく．

インタラプト転送は，主としてキーボードやマウスのような人間が操作する入力デバイスからの情報の取り込みを想定して作られたモードです．

▶ コントロール転送

デバイスがハブに接続されると，ホストは接続を自動的に検出して，デバイス

〈表6-1〉各転送方式の違い

	アイソクロナス転送	インタラプト転送	バルク転送	コントロール転送
おもな用途	音声などのリアルタイム転送	人間が入力するデータ	不定期大容量データ転送	セットアップ情報転送
〈転送スピード〉				
12Mbps	○	○	○	○
1.5Mbps	×	○	×	○
〈1パケットあたりデータ転送量〉				
12Mbps	1〜1023バイト	1〜64バイト	1〜64バイト	1〜64バイト
1.5Mbps	−	1〜8バイト	−	1〜8バイト
〈転送方向〉				
ホストPC→ファンクション	○	×	○	○
ファンクション→ホストPC	○	○	○	○
データ転送の周期性	あり	あり	なし	なし
データ・エラー時の再要求	なし	あり	あり	あり

のコンフィギュレーションを行います．コンフィギュレーションでは，ホストはデバイスの種類や要求している転送サービスを読み出してスケジューリングを行います．また，USBケーブルからデバイスに電源を供給する場合は，デバイスが要求している消費電流を読み出して電源の割り当てを行います．コントロール転送は，このようなコンフィギュレーション・データの読み出しやデバイスの設定に用いられます．

コントロール転送はフル・スピード・モードとロー・スピード・モードのいずれでも利用できます．1フレームあたりの転送量は，フル・スピード・モードでは最大64バイト，ロー・スピード・モードでは最大8バイトです．

▶ バルク転送

不定期に発生し，待ち時間や帯域幅の制約が厳しくない転送に用いられます．従来のシリアル・ポートやパラレル・ポートを利用していたデータ転送は，ほとんどこのバルク転送で対応できます．

バルク転送のスケジューリングの優先順位はもっとも低く，そのかわりバスのスケジュールが空いていれば毎フレームでも転送を行うことができます．また，伝送誤りが検出された場合，再送によるエラー訂正を行うことにより，エラー・フリーの伝送ができます．バルク転送はフル・スピード・モードでしか利用できず，1フレームあたりの転送量は最大64バイトです．

⑩電源の供給

USBケーブルを通じてホストから周辺機器に電源を供給できます．電源電圧は5V ± 5%，供給電流は周辺機器1台あたり最大500 mAです．ただし，システム全体では最大5Aに制限されます．ホストは各機器に供給する電力を管理し，最大値を超えないようにしなければなりません．

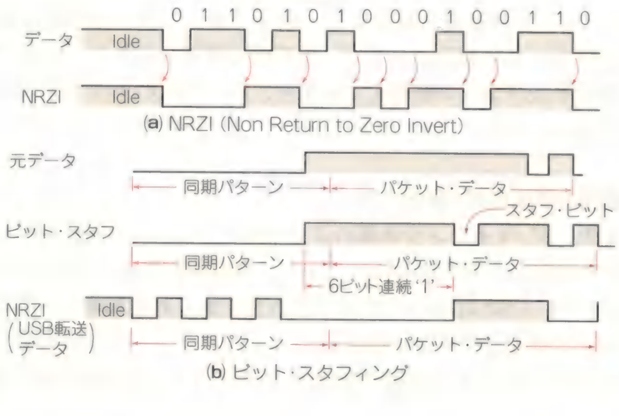
また，周辺機器はバスに接続された直後には，消費電流100 mAで動作しなければなりません．ホストから設定を受けることによって，消費電流を最大500 mAに増加できます．

さらに，ホストが動作していないとき（3 ms以上にわたってSOFパケットが発行されないとき）は，周辺機器もサスペンド・モードに入らなければなりません．サスペンド・モードでの消費電流は，最大500 μAに制限されます．

⑪同期方式（図6-8）

USBのケーブルは信号線と電源線だけで，同期のためのクロック線がありま

〈図6-8〉同期方式



エラー・フリー
エラー検出や再送によるエラー訂正を自動的に実行してくれるので，ユーザは伝送エラーの発生を気にすることはないということをとくにエラー・フリーという．ただし，エラー・フリーといっても完全に100%エラーの発生を防げるわけではないし，伝送路の状態が悪ければ何回再送しても正しいデータが得られない場合もある．

ホスト
USBではホストと呼ばれる1台の機器が全体の伝送を支配します（p. 51参照）．

サスペンド・モード
サスペンド（suspend）は中止する，一時停止するという意味．この場合は，周辺機器が動作を停止してスリープすることをいう．

〈表 6-2〉電気的仕様（DC 特性）

パラメータ	記号	条件	min	max	単位
〈電源電圧〉					
ポート	V_{BUS}		4.75	5.25	V
バス・パワーによるハブ	V_{BUS}		4.40	5.25	V
〈入力レベル〉					
差動入力感度	V_{DI}	I(D+)−(D−)I	0.2		V
差動コモン・モード・レンジ	V_{CM}	V_{DI}を含む	0.8	2.5	V
シングル・エンド・レシーバ・スレッショルド	V_{SE}		0.8	2.0	V
〈出力レベル〉					
"L" レベル	V_{OL}	R_L of 1.5kΩ to 3.6V		0.3	V
"H" レベル	V_{OH}	R_L of 15kΩ to GND	2.8	3.6	V

せん．データの中に含まれるタイミング情報を用いて，**PLL による自己同期方式**でデータを受信します．

このため，USB では転送データを NRZI（Non Return to Zero Invert）符号にエンコードして送信します．NRZI 符号は，元のデータが 1 のときは変化なし，元のデータが 0 のときはビットを反転させます．したがって，データの中に 0 が含まれていれば同期のためのタイミング情報が得られます．しかし，1 が連続している期間はデータが変化せず，タイミング情報が得られません．そこで，元データに 1 が 6 ビット続いたら次に 0 を挿入するというゼロ・インサーション（USB の規格ではビット・スタフィングと呼んでいる）を行うことにより，タイミング情報を保証しています．

さらに，各パケットの先頭には同期パターン（80 H）を付加することにより，確実に同期がとれるようになっています．

⑫電気的仕様（表 6-2）

USB は**差動信号**を採用しており，ドライバ出力振幅は最小 2.5 V，レシーバ入力感度は最小 0.2 V となっています．D+，D－のシングル・エンド電圧レベルは TTL よりやや厳しくなっています．

終端抵抗によるインピーダンス整合を行っていないため，ドライバの負荷は 1.5 ～ 15 kΩ と軽くできています．ドライバまで含めて，すべての機能を CMOS LSI に内蔵できます．

⑬パソコン側の構成の例（図 6-9）

パソコンに USB インターフェースを搭載するために必要な機能には，ホスト機能とルート・ハブの機能があります．最近では，これらの機能を組み込んだ PC 用チップ・セットや PCI コントローラが広く出回っており，USB インターフェースを搭載するパソコンが増えています．PC チップ・セットを用いたシステム構成の例を示します．

⑭周辺機器側の構成の例（図 6-10）

シングルチップ・マイコンや各種のコントローラ LSI に USB のデバイス機能を組み込むのは難しくありません．しかし，周辺機器側の USB の市場は立ち上がったばかりで，USB 対応の LSI はまだあまり多くありません．そこで，USB 非対応の LSI と組み合わせるための USB インターフェース LSI も作られています．シングルチップ・マイコン用の USB インターフェースの例を示します．

PLL による自己同期方式

連続して送られてくるディジタル・データを受信するには，クロックなどのタイミング情報が必要．

もっとも簡単なのは送信側からデータと同時にクロックを送る方法だが，データ線のほかにクロック線が必要になってしまう．

そこで，受信側のクロック・ジェネレータで生成したクロックで受信を行う自己同期方式が一般に用いられている．この場合，受信側で生成するクロックと送信されてきたデータのタイミングを合わせることが必要であり，PLL（フェーズロック・ループ）方式のクロック・ジェネレータが用いられる．

差動信号

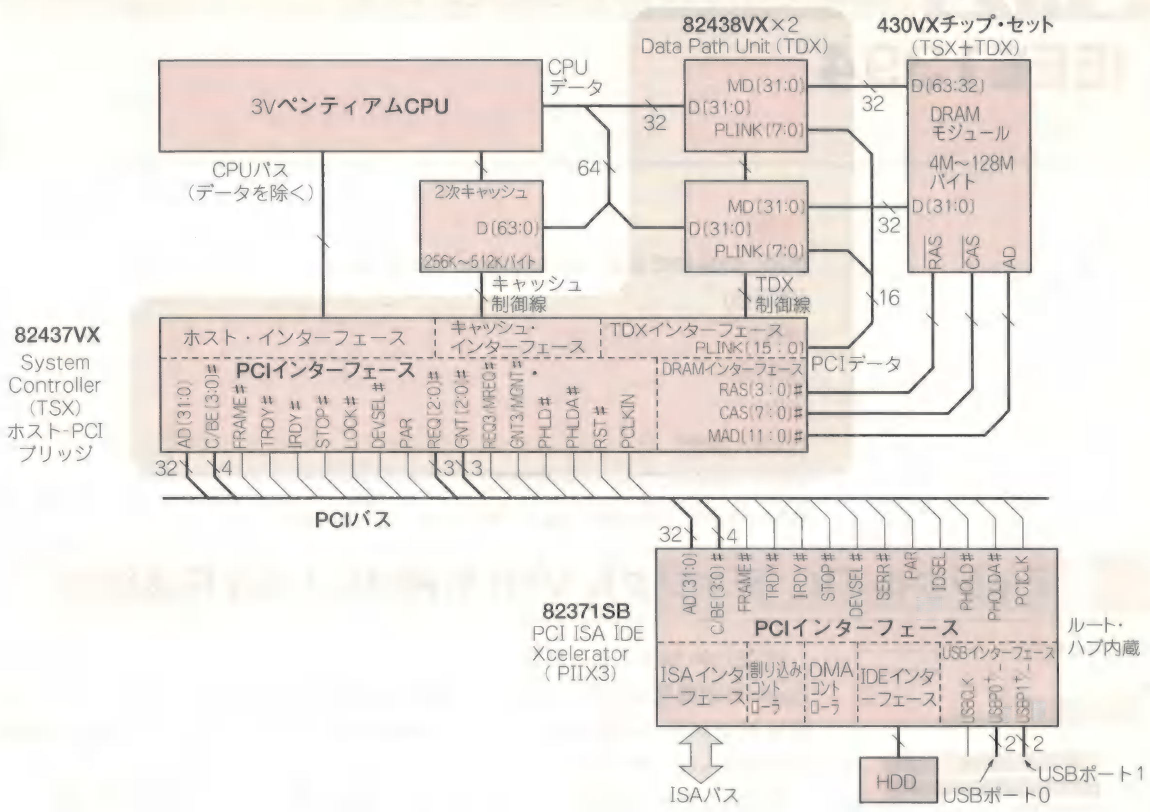
2 本の信号線の電圧差によって信号を表す方法．

たとえば，D+ の電圧が 3.5 V，D－の電圧が 0.5 V ならば差動信号電圧は VD+=(D+)－(D－)=3V となる．逆に，D+ の電圧が 0.5 V，D－の電圧が 3.5 V ならば差動信号電圧は VD－=(D+)－(D－)=－3V となる．

また，このときの差動信号の振幅は，|(VD+)－(VD－)|=6V となる．

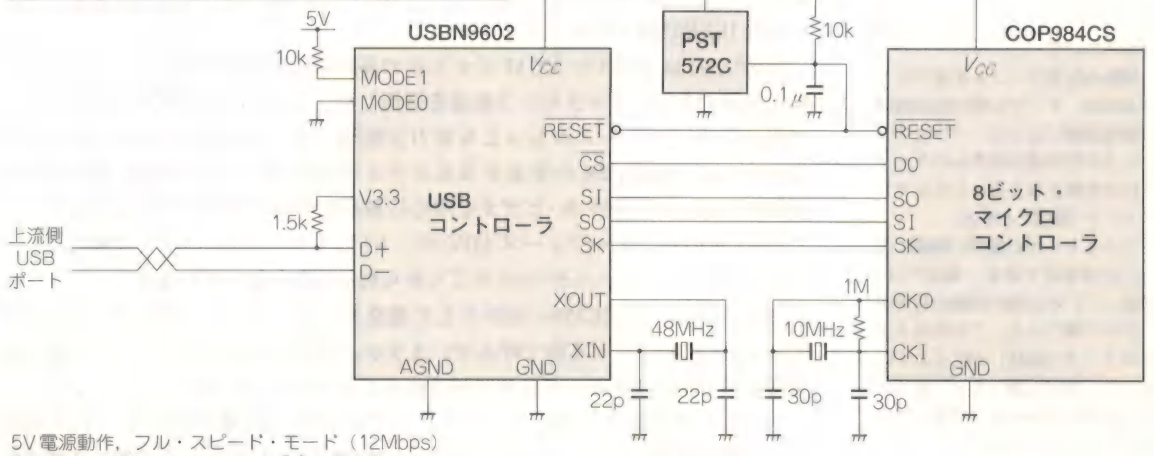
このように，差動信号では 5 V 単電源を使って正負対象の信号が得られる．また，信号の振幅も 2 倍に大きくなる．

〈図6-9〉430 VX（TSX ＋ TDX）＋82371 SB（PIIX3）



〈図6-10〉周辺側USBコントローラUSBN9602のシステム例

MODE1	MODE0	CPUインターフェース
0	0	パラレル（ノン・マルチプレクス）
0	1	パラレル（マルチプレクス）
1	0	シリアル（MICROWIRE）



5V電源動作，フル・スピード・モード（12Mbps）
シリアル・インターフェースの場合の例を示す．

第1-7章 Apple社のFireWireが規格の元となった

IEEE1394

〈名称〉

IEEE 1394-1995 High Performance Serial Bus

〈発行日〉

1995.12

〈発行者〉

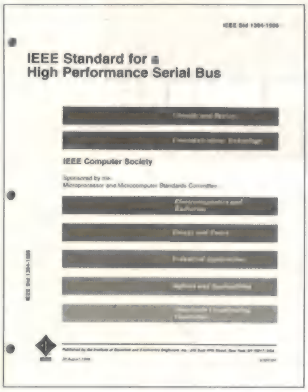
IEEE

〈情報入手先〉

http://stdsbbs. ieee. org (IEEE)

http://www. firewire. org (1394 Trade Association)

ディジタルTV，ディジタルVTRも視野に入れた伝送規格


IEEE Standard for a
High Performance Serial Bus

IEEE Computer Society

クロストーク

複数の伝送ケーブルが並行している場合，ケーブル間の電磁誘導や静電誘導によって，一つのケーブル上の信号成分がほかのケーブルにも影響を与える．これをクロストーク（漏話）と呼ぶ．

クロストークが最初に問題になったのは電話である．電話では，通話していると他の回線の音声がかすかに聞こえる．この現象をクロストーク（漏話）と呼ぶようになった．原因を調べたところ，ケーブル間で信号成分が誘導していることがわかったもの．

IEEE1394はもともと高速ハードディスク・インターフェースとして1986年にApple社が開発を始めたもので，1987年に最初の仕様が作られました．その後，IBM社やソニーが加わるとともに，汎用インターフェースとしてIEEEで規格化が進められてきました．

基板内などの近距離のインターフェースでは，複数ビットを同時に転送できるパラレル・インターフェースのほうがシリアル・インターフェースよりも高速化できます．しかし，長距離で高速のインターフェースを実現しようとすると，パラレル・インターフェースはケーブル間のクロストークやタイミングのずれが大きくなるため，高速化には限界があります．1本のケーブルでデータを転送できるシリアル・インターフェースのほうが，長距離では高速化しやすいと言われています．このため，次世代の高速インターフェースとしてシリアル・インターフェースのIEEE1394が注目されています．

IEEE1394は100M～400Mビット/sの高速転送が可能であり，また転送帯域幅を保証できるアイソクロナス転送を採用したことから，次世代のマルチメディア用インターフェースのもっとも有力な候補と考えられるようになりました．1994年にはIEEE1394の普及を目的とする推進団体の1394 Trade Associationが設立され，ディジタル・ビデオを中心に製品化の動きが始まりました．ディジタルVCRのインターフェース（DVポート）として，IEEE1394に準拠したシリアル・インターフェースが1995年ごろから製品化され始めています．

1995年末に，IEEE1394-1995として規格が正式に承認されました．Apple社ではFireWireという名称で呼んでいますが，規格化が進むとともに，一般には規格名のIEEE1394という名称で呼ばれることが多くなりました．

パソコンの周辺インターフェースとしてはUSBと共通点が多く，かつ10倍以上の高速が得られます．将来の標準インターフェースとして，低～中速用のUSBと高速用のIEEE1394の組み合わせが主流になると考えられています．USBがリアルタイムで処理できるのは音声信号までですが，IEEE1394はビデオ信号をリアルタイムで処理できます．PC 97ハードウェアデザインガイド，PC

98 システムデザインガイドでも，IEEE1394 は推奨の装備に採用されています．

現在では，IEEE1394 は高性能な分だけコストが高いため，USB のように一般のパソコンに標準装備されるようにはなっていません．ビデオ・キャプチャ・ボードなどマルチメディア関連の分野から徐々に製品化が始まっているところです．しかし，各社からはすでに 200 M バイト/s 対応のサポート LSI が出荷されており，1394 コントローラの機能を組み込んだ PC 用チップセットも開発が進められています．

将来は，ディジタル TV，ディジタル VCR などの家庭用マルチメディア機器とパソコンの融合が進むとともに，それらの接続に IEEE1394 が広く使われるようになると考えられています．さらに，IEEE1394 によって AV 機器を中心とした家庭電化製品を接続する家庭内 LAN の構想もたてられています．

ハードディスクやビデオ機器とのインターフェースに使用される

IEEE1394 はパソコンの周辺機器のための汎用シリアル・インターフェースで，とくに高速，リアルタイムの用途に適しています．さまざまな機器が混在できる仕様になっており，ディジタル・ビデオなどの民生用機器もターゲットとしていることから，高速性と低コストの両立をはかっています．しかし，より低速で低価格の機器のインターフェースとしては，USB がおもに使われると考えられます．

IEEE1394 は，パソコン周辺機器ではハードディスクや CD-ROM などの大容量ストレージ，スキャナやプリンタ，ビデオ・キャプチャなどの画像機器にとくに適しています．また，ディジタル・ビデオなどの家庭用マルチメディア機器への対応も考えられており，動画像などのリアルタイム伝送が可能な仕様となっています．

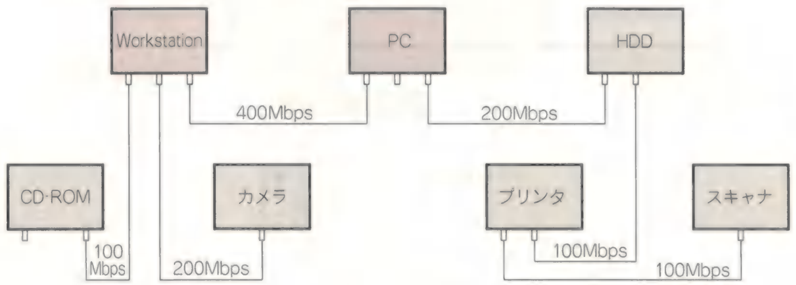
また，IEEE1394 は USB と同様に，ホットプラグや自動コンフィギュレーションへの対応による使いやすいユーザ・インターフェースをもちます．ホットプラグによって，パソコンの動作中に機器の接続や切り離しが自由にできます．また，自動コンフィギュレーションによって接続された機器の検出や設定が自動的に実行され，だれでも簡単にシステムの拡張ができます．

①システム構成（図 7-1）

IEEE1394 のシステム構成はきわめて柔軟です．機器は一つまたは複数の 1394 ポートを装備できます．このポート間を相互に接続することにより，機器をデイジチェーン状に接続したり，一つの機器からツリー状に分岐させることもできま

デイジチェーン
機器などを数珠つなぎに接続することをいう．

〈図 7-1〉IEEE1394 のネットワーク形態



す．ただし，ループ状の経路を作らないことが条件です．デイジチェーン状に接続できるのは最大16台ですが，ツリー状の分岐を併用することによって最大63台まで拡張できます．

IEEE1394では個々の機器を**ノード**と呼びます．ノードはリーフ（葉）とブランチ（枝）に分類されます．リーフは，一つのノードとだけ接続されているノード，すなわちシステムの端点のノードです．1394ポートを1ポートしか装備していない機器はリーフにしかなれません．複数のポートを装備している機器でも，実際に使っているのが1ポートだけのときはリーフになります．ブランチは，複数のノードと接続されているノード，すなわちシステムの中間点となっているノードです．

ノード

ノード（node）は結び目や節という意味で，線が分岐するときの交点をさす．一般生活でもよく使う用語であり，トポロジ（位相数学）でもよく使う．

IEEE 1394では，配線がケーブルの途中で分岐することはない．かならず機器に分岐点がある．そのため，機器をノードと呼ぶようになった．

1394ポートを1ポートしかもたない機器は，分岐点にはなれないのでノードと呼ぶのはちょっと変なのだが，それも含めてすべての1394機器をノードと呼ぶと規定されている．

1394ポートを1ポートしかもたない機器だけでシステムを構成しようとすれば，1対1接続しかできません．デイジチェーン接続やツリー接続を行うためには，複数ポートをもつ機器が必要です．ディジタル・カメラなどの携帯用機器では1ポート，パソコンでは2～3ポートを装備することになりそうです．

接続の形態はUSBと似ていますが，論理的な構成には大きな違いがあります．USBのように1台のホストがほかの機器を支配する構成とは違って，IEEE1394ではすべての機器が対等に動作し，任意のノード間でデータ転送ができます．たとえば，ディジタル・カメラからプリンタに対して，パソコンが介在せずに画像データを転送することが可能です．

後に述べるように，全体をコントロールするホストなしに，すべてのノードが自動的にバスの構成を認識できる巧妙な方式を採用しています．

②信号とコネクタ，ケーブル（図7-2）

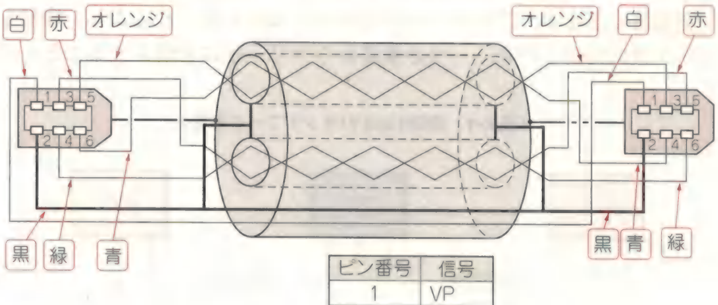
IEEE1394はシリアル・データを差動信号として伝送します．2対の信号線（TPA, TPA ＊とTPB, TPB ＊）と，1対の電源線（VP, VG）の6本のケーブルで接続します．信号名の後の＊は負論理を示します．2対の信号線は，データとストローブに使われます．データはNRZのディジタル信号で，ストローブにはクロック生成のためのタイミング情報を含んでいます．

ノードとノードの接続を対称にするため，一方のノードのTPA, TPA ＊と他方のノードのTPB, TPB ＊を**クロス接続**します．そのため，信号線はクロス・ケ

クロス接続

二つの機器のポートをケーブルで接続するとき，同じ信号名どおしを接続するやり方（ストレート接続）と，対称な機能をもつ二組の信号を相互に接続するやり方（クロス接続）の二つの方法がある．

〈図7-2〉IEEE1394のケーブルとコネクタの構造

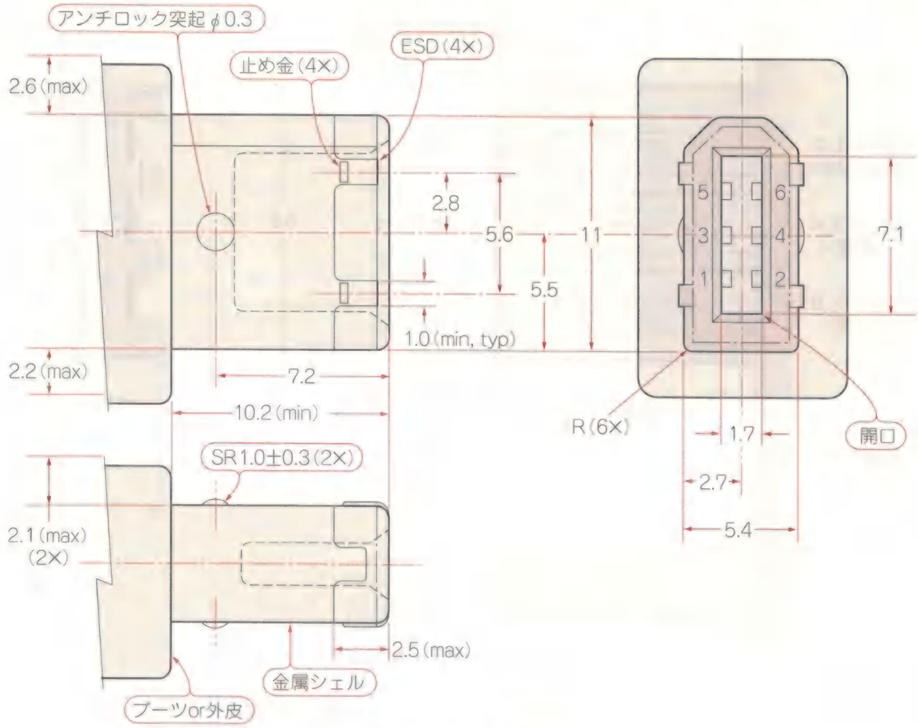


信号名

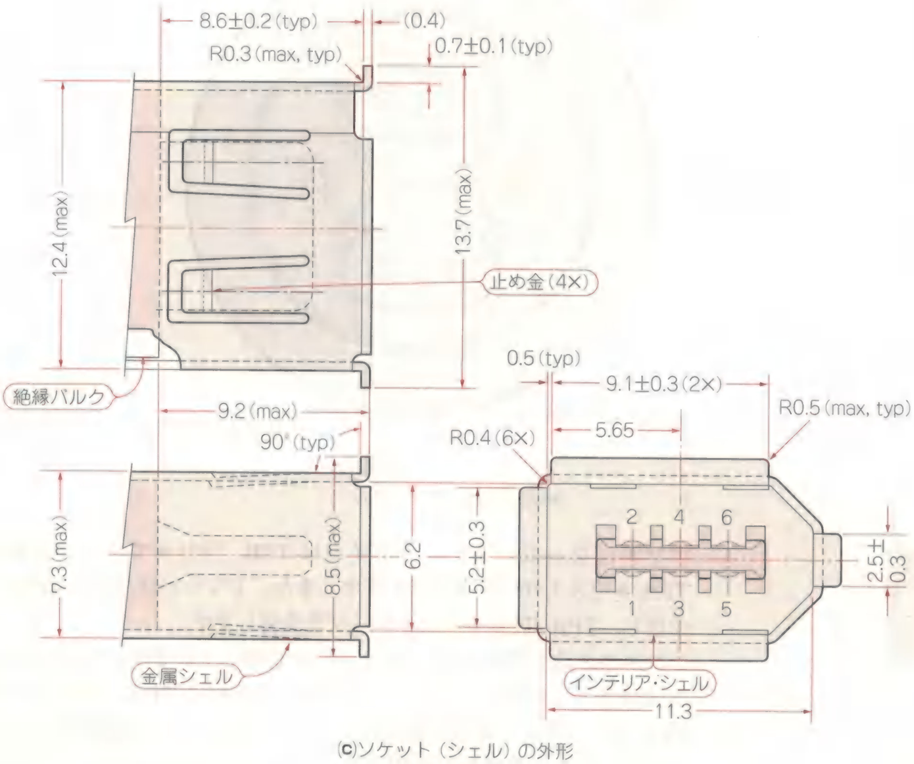
ピン番号	信号
1	VP
2	VG
3	TBP＊
4	TBP
5	TBA＊
6	TPA

(a) 6ピン-6ピン

〈図 7-2〉 IEEE1394 のケーブルとコネクタの構造（続き）

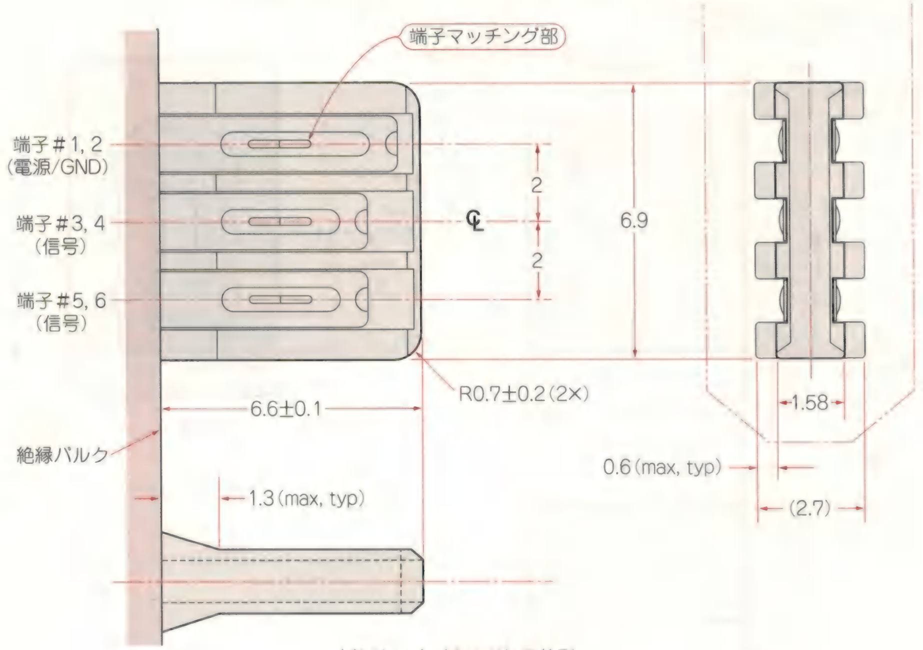


(b)プラグの外形

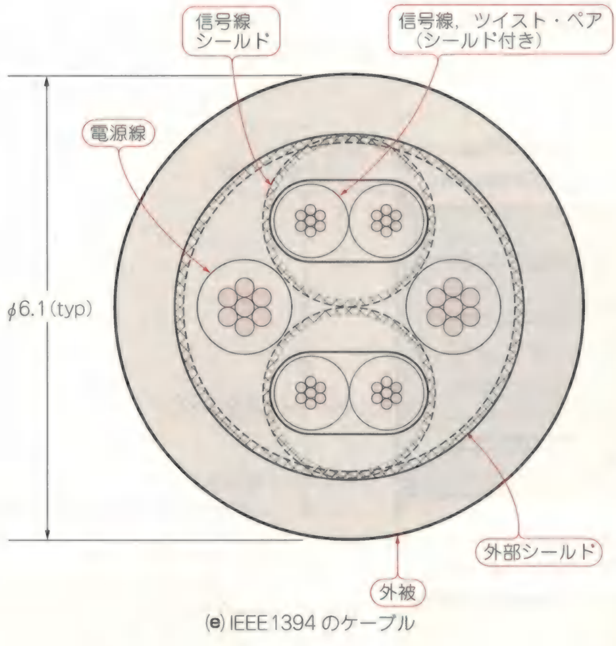


(c)ソケット（シェル）の外形

〈図 7-2〉 IEEE1394 のケーブルとコネクタの構造（続き）



(d)ソケット（ウェハ）の外形



(e) IEEE1394 のケーブル

ーブルになっています．ドライバは TPB, TPB ＊でデータを送信し，TPA, TPA ＊でストローブを送信します．また，レシーバは TPA, TPA ＊でデータを受信し，TPB, TPB ＊でストローブを受信します．

コネクタは小型の 6 ピン・コネクタを採用しています．ケーブルは AWG28 のツイスト・ペアで，クロストーク防止のために TPA, TPA ＊のペアと TPB, TPB ＊のペアをそれぞれ個別にシールドして，さらに電源線を含めて全体をシールドします．高速かつ小振幅のインターフェースのためケーブルの仕様はかな

り厳しくなっていますが，同軸ケーブルを使わずに安価なツイスト・ペアですませているので，コストは比較的安くなっています．

ケーブルの長さはノード間で最大4.5m，システムでは最大16ノードで72mとなります．これは，オフィス用LANの主流となりつつある100Mイーサネット（100BASE-TX）と比較してもほとんど遜色ないと言えます．100Mイーサネットの仕様は，伝送速度100Mビット/s，ケーブル長最大5m，カスケード接続最大2段まで（ただし，スイッチング・ハブを用いれば段数を増やせる）です．この点から，IEEE1394は将来の家庭用LANのもっとも有力な候補と考えられています．

電源線はほかの機器に電源を供給するためのものです．ディジタルVCR（DVポート）などの民生用のアプリケーションでは，電源線を省略した4ピンのインターフェースが採用されています．なお，DVポートの仕様は現在はIEEE1394の規格に含まれていませんが，将来は規格に加えられることも検討されています．

③データ転送速度

IEEE1394の転送速度は100Mビット/s，200Mビット/s，400Mビット/sの3種類が規格化されています．ただし，正確にはそれぞれ98.304Mビット/s，196.608Mビット/s，393.216Mビット/sです．高速の転送速度をもつ機器は低速の転送速度をサポートしており，異なる速度の機器を混在して使用できます．

低速の100Mビット/sのおもな用途としては，スキャナ，プリンタなどの静止画像機器，オーディオ機器，ディジタルVCRなどの民生用ビデオ機器，CD-ROMなどがあります．DVポートでも100Mビット/sを採用しています．

中速の200Mビット/sのおもな用途としてはHDDなどがあります．

高速の400Mビット/sのおもな用途としては高画質ビデオ機器やサーバなどのバックボーン伝送が想定されています．

現在のIEEE1394の規格でもっとも高速の400Mビット/s（50Mバイト/s）でも，最大80Mバイト/sが得られるUltra-2 Wide SCSIなどの高速パラレル・インターフェースには及びません．そこで，IEEE1394ではさらに高速の800Mビット/s，1.6Gビット/s，3.2Gビット/sの仕様についても，規格化に向けて検討が進められています．

④バス使用権の制御（図7-3）

IEEE1394のデータ転送ではすべてのノードが対等に動作します．各ノードは特定のノードIDを指定して転送を行う場合と，すべてのノードを対象として転送を行う場合（ブロードキャスト）があります．

いずれの場合も，複数のノードが同時にバスにデータを送信すると衝突が起こりますから，あらかじめアービトレーションを行って使用権を獲得したノードがバスを使用できます．ただし，使用できる時間は比較的短時間で次の伝送に交代します．一つの伝送が長時間バスを占有することを防ぎ，ほかの伝送の帯域幅を保証することにより，複数のリアルタイム・データを同時に転送できるようにするためです．

バスにはルート（根）のノードがただ一つ定められており，ルートからすべてのノードまでツリーをたどることができます．各ノードに対して上流側のノードは親ノードであり，親ノードを順次たどってルートに到達できます．バスの使用権を要求するノードは親ノードに要求を出し，その要求がルートに集められます．ルートは各ノードが公平になるように使用権を与えます．

スイッチング・ハブ

10BASE-Tや100BASE-TXでは，複数の機器をハブに接続して相互にデータをやり取りできる．また，複数のハブをカスケード接続してシステムを拡大できる．ハブは通常のハブとスイッチング・ハブの2種類に大別できる．

通常のハブは，ハブに接続されたすべてのケーブルに同じ信号が流れる．したがって，ハブに接続された1台の機器がデータを出力しているときは，ほかの機器はハブを使えない．

スイッチング・ハブは，回線交換のしくみを内蔵している．実際にデータをやり取りしている機器に対してだけケーブルに信号が流れ，ほかの機器には影響を与えない．ハブを通る複数の伝送を，並列に実行できる．

サーバなどのバックボーン伝送

LANのシステムで，個々のパソコンの伝送量は比較的小さいのに対して，サーバの伝送量はきわめて大きくなる．とくに，サーバ-サーバ間は大きな伝送容量が必要．

そのため，サーバ間の接続には高速LANを利用して，個々のパソコンの接続には一般の低速LANを利用するというシステムが多くなっている．

このような，システムの基幹部分の伝送をバックボーン伝送，バックボーンLANと呼ぶ．

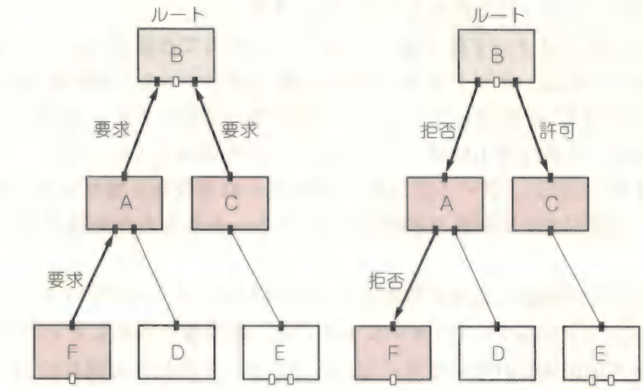
Ultra-2 Wide SCSI

SCSIはハードディスクなどの接続に広く用いられている周辺インターフェースの規格．最初に作られたSCSIの規格は現在ではSCSI-1と呼ばれており，8ビット幅のパラレル・バスによって最大転送速度10Mバイト/sを実現していた．

その後，より高速のSCSI-2，SCSI-3が作られ，最大転送速度20Mワード/sのFast SCSI，40Mワード/sのUltra SCSI，16ビット幅のWide SCSIなどが実現された．

Ultra-2 Wide SCSIは，16ビット幅で40Mワード/sの転送を行うことにより，80Mバイト/sの転送速度を実現している．

〈図 7-3〉アービトレーションの要求と許可



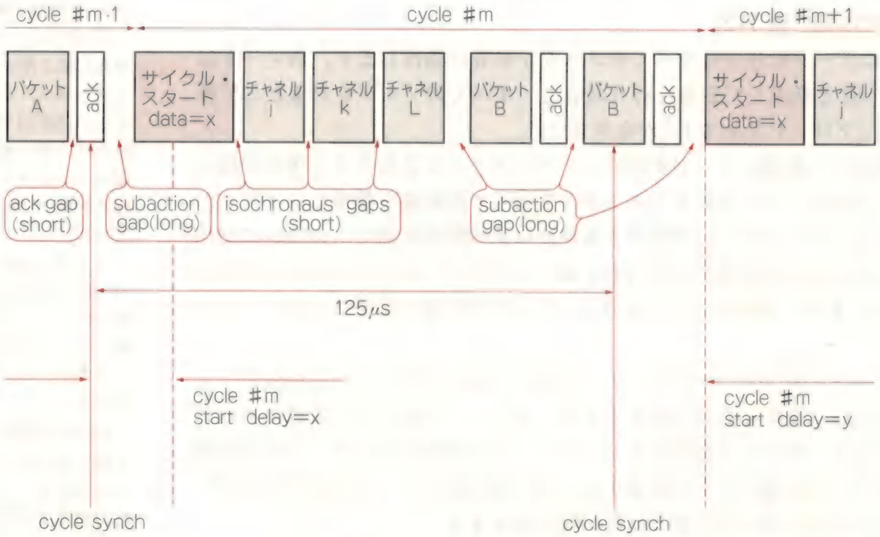
(a) バス使用権の許可　　(b) バス使用の許可

IEEE1394 の転送方式には，帯域幅が保証されるアイソクロナス転送と，帯域幅が保証されないアシンクロナス転送の二つのモードがあります．いずれのモードでも，転送の最初にこのようなアービトレーションが行われます．アイソクロナス転送の場合，アービトレーションで後回しにされたとしても，少なくとも 125 μs ごとに 1 回はデータ転送ができることが保証されます．それに対してアシンクロナス転送の場合，アービトレーションの結果によっては長く待たされる場合もあります．

⑤転送のスケジューリング（図 7-4）

IEEE1394 のデータ転送は，125 μs ごとに転送サイクルが反復され，それぞれのサイクルの中で各ノードに少しずつ転送時間を割り当てています．サイクルの前半は，アイソクロナス転送のチャネルが割り当てられます．後半の余った時間に，アシンクロナス転送が割り当てられます．

〈図 7-4〉アイソクロナス転送時のバスのようす



▶ サイクルの開始

ノードのうち一つ（一般にルート）がサイクル・マスタとなって，サイクルの実行を管理します．サイクル・マスタは125 μsごとにサイクル・スタート・パケットを**ブロードキャスト**で送信し，各ノードはそれによってサイクルの開始タイミングを知ります．

▶ アイソクロナス転送

データの衝突を防ぐため，サイクル・スタート・パケットの後に一定時間の間隔をおいて，アイソクロナス転送を要求するノードがチャネル使用権の要求を出します．この間隔をアイソクロナス・ギャップと呼びます．アービトレーションによってチャネル使用権を獲得したノードは，引き続いてデータを転送します．

一つのチャネルの終了後，アイソクロナス・ギャップをおいて次のチャネルのアービトレーションが行われ，チャネル使用権を獲得したノードがデータを転送します．チャネル使用権を要求するノードがなくなるまで，これが繰り返されます．

▶ アシンクロナス転送

アイソクロナス転送の最後のチャネルが終わると，チャネル使用権を要求するノードがなくなるため，バスに空き時間ができます．アシンクロナス転送を要求するノードは，バスの空き時間がアイソクロナス・ギャップよりも長い一定時間に達したことを検出したら，アシンクロナス転送の要求を出すことが許されます．この時間をサブアクション・ギャップと呼びます．アービトレーションによってバス使用権を獲得したノードは，引き続いてデータ・パケットを転送します．

一つのデータ・パケットの終了後，サブアクション・ギャップをおいて次の転送のアービトレーションが行われ，バス使用権を獲得したノードがデータ・パケットを転送します．バス使用権を要求するノードがなくなるか，サイクル時間が125 μsに達するまで，これが繰り返されます．

▶ サイクルの終了

サイクル時間が125 μsになるよりも先にバス使用権を要求するノードがなくなれば，サイクルの残り時間は空き時間となります．一方，データ・パケットの転送中にサイクル時間が125 μsになった場合，サイクル・マスタはそのパケットが最後まで転送されるまで待って次のサイクルを開始します．このとき，開始が遅れた分だけ次のサイクルの時間を短縮して，サイクルの平均時間を125 μsに保ちます．

次のサイクルの時間が短くなりすぎるのを防ぐため，アシンクロナス転送のパケットは最大62 μsに制限されます．

⑥サブアクションのモードとパケット（図7-5）

IEEE1394では，アービトレーションを含む一つのデータ転送の動作をサブアクションと呼んでいます．サブアクションにはアイソクロナス・サブアクション，アシンクロナス・サブアクションの二つのモードがあります．

いずれのモードでも，転送はパケット単位で行います．IEEE1394は大量のデータ転送を行うため，パケット長はすべて**クワドレット**（4バイト）単位で扱われます．

▶ アイソクロナス・サブアクション

ノードに対して，125 μsの転送サイクルごとにかならずnバイト分の転送時間を割り当てれば，8 × n kバイト/sの帯域幅を保証できます．このような転送方式をアイソクロナス転送と呼びます．アイソクロナス転送は長時間のデータの

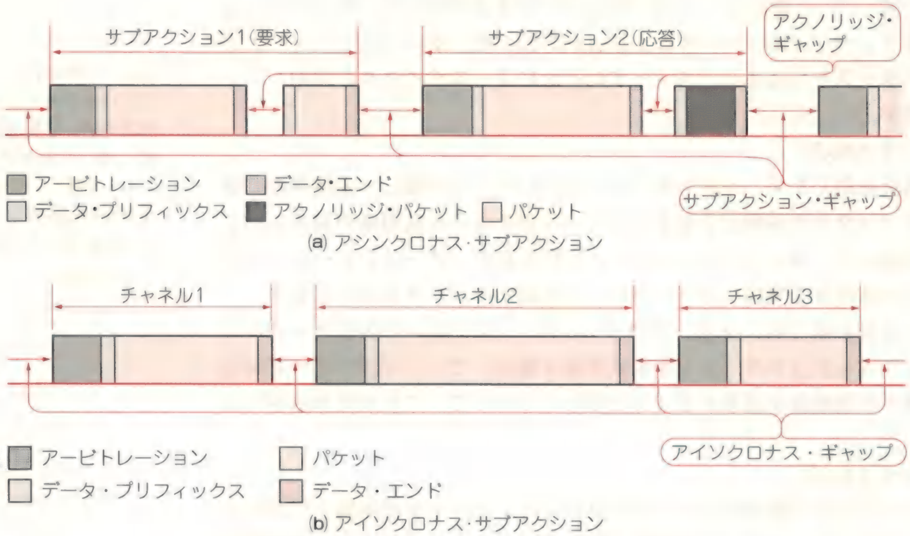
ブロードキャスト

ブロードキャストとは，ラジオ放送やテレビ放送という意味で一般に用いられている用語．LANにおいては，一つの局からほかのすべての局を対象としてメッセージを送信することをブロードキャストと呼ぶ．

クワドレット

IEEE 1394では4バイト（32ビット）を1ワードとしてデータを転送する．この1ワードを，IEEE 1394ではとくに1クワドレットと呼ぶ．クワッド（quad）は4という意味．

〈図7-5〉サブアクション



中断がなく，いつも平均的にデータを転送できることから，音声や画像などのリアルタイム伝送に適しています．

IEEE1394では，アイソクロナス転送を優先的に実行するために，転送サイクルの前半にアイソクロナス転送のチャネルを割り当てています．ノードが要求するすべてのアイソクロナス転送にチャネルを割り当てた後で，残った時間でアシンクロナス転送を実行します．

アイソクロナス・サブアクションは，アービトレーション・フェーズとパケット転送フェーズで構成されます．アイソクロナス・サブアクションのパケット転送の概念は，放送局と受信機の関係に似ています．

アイソクロナス転送では，送信側は受信側のアドレスを指定せず，ブロードキャストでデータ・パケットを送出します．このとき，パケットの中に送信ノードを示すチャネルIDを含ませて送信を行い，受信側は受信すべきチャネルIDを見つけたら，そのパケットを受信します．どのチャネルIDを利用するかは，あらかじめアプリケーション・レベルで取り決めておきます．

また，受信側は単にデータ・パケットを受け取るだけで，送信側にいちいち応答を返しません．したがって，伝送誤りに対するエラー訂正もありません．音声や画像などのリアルタイム伝送では，伝送誤りによって発生する多少のノイズよりも，パケットの再送による**データ抜け**のほうが実用上の問題が大きいと考えられるためです．データ・エラーを許容できない用途では，アイソクロナス転送のかわりに，アシンクロナス転送を使わなければなりません．

ブロードキャスト方式を採用したことによって，アイソクロナス転送では，ひとつのデータ・ソースを複数のディスプレイで同時に表示したり，表示と同時にハードディスクへの記録やプリンタへの印刷を行うようなことも簡単にできます．

▶ アシンクロナス・サブアクション

アシンクロナス・サブアクションは，125 μsの転送サイクルのうち，すべてのアイソクロナス・サブアクションが終わった後の残り時間で実行されます．アイソクロナス・サブアクションとは違って，毎回の転送サイクルにかならず実行できるという保証はなく，バスが混雑していれば長く待たされる場合もあります．

データ抜け

データ伝送では，物理的，電気的な方法で100%伝送誤りをなくすことはできない．データ・エラーが許容できないときは，受信側でエラー検出を行い，正しいデータが得られるまで何回でも再送を繰り返すことが必要．

時間の制限がなければ，再送によるエラー訂正を行うことによって，いつかは正しいデータを得ることができる．しかし，音声や画像などのリアルタイム伝送では，時間内にエラー訂正ができなければその分のデータが欠落してしまう．

そのかわり，バスが空いていれば62 μs分のデータを一括して転送できます．転送速度100 Mビット/sのとき512バイト，200 Mビット/sのとき1024バイト，400 Mビット/sのとき2048バイトです．

アシンクロナス・サブアクションは，アービトレーション・フェーズ，パケット転送フェーズ，アクノリッジ・フェーズの三つのフェーズで構成されます．また，アシンクロナス転送には，ブロードキャスト転送もありますが，通常の転送はアドレスを指定して行います．

アシンクロナス転送では，送信側は受信側のアドレスを指定してデータ・パケットを送出します．受信側は，自分のアドレス宛のパケットを受信して，送信側に**アクノリッジ・パケット**を返します．伝送誤りを検出したら，再送によってエラー訂正を行うことができます．

アクノリッジ・パケット
アクノリッジ（acknowledge）はデータ伝送でよく使う用語で，受信したデータを正常に受け入れたことを示す．IEEE 1394では，受信側から送信側に対してアクノリッジを通知するのに，定められたフォーマットのパケットを返す．

⑦アドレッシング（図7-6）

IEEE1394では，ノードを識別するためのアドレスのフォーマットとして，IEEE1212-1991に準拠した64ビットのアドレスを採用しています．

64ビット・アドレスのうち最初の10ビットはバスIDと呼ばれる部分で，バックプレーン・バスを区別するために利用できます．しかし，現在のところは利用されていません．

つぎの6ビットはノードIDと呼ばれる部分で，ケーブルに接続された機器を区別するために用いられます．6ビットのノードIDで0～63の64個のアドレスを区別できますが，ノードID＝63はブロードキャスト・アドレスとして使います．したがって，IEEE1394で接続できる機器は最大63台となっています．なお，ノードIDは各機器に固定的に割り当てられるのではなく，機器の接続や切り離しによってシステム構成が変わるたびに，自動設定のシーケンスを実行して割り当てを行います．

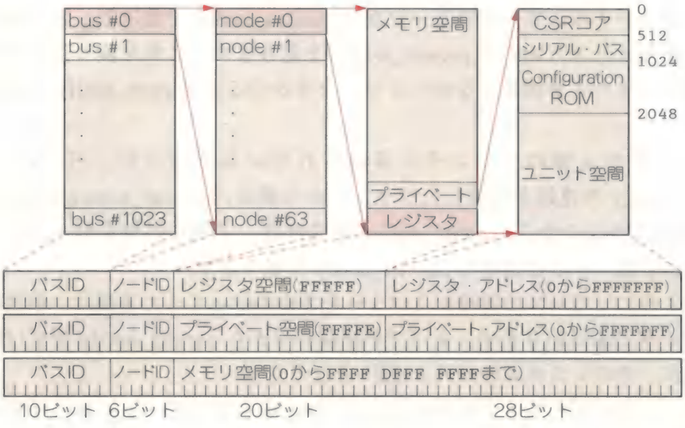
つぎの48ビットは機器内部のアドレスであり，機器固有の情報を区別するために用いることができます．

⑧バス・リセットとノードIDの自動設定（図7-7）

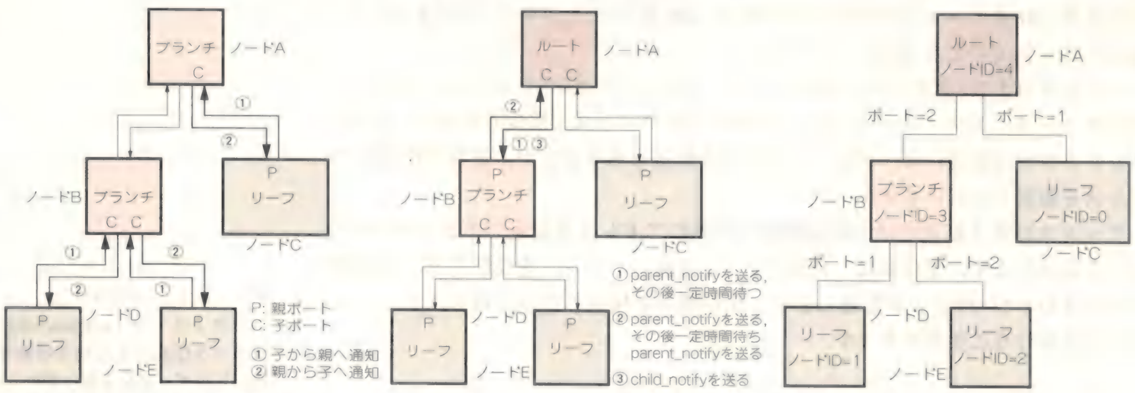
IEEE1394では，機器の接続や切り離しが行われると，そのたびに**バス・リセット**を発生します．バス・リセットが行われると，各ノードが接続されているノ

バス・リセット
各ノードのIEEE 1394インターフェース機能を初期化すること．

〈図7-6〉アドレッシング



〈図 7-7〉ノード・ツリー構造



(a) ノード・ツリー構造の識別（その1）　(b) ノード・ツリー構造の識別（その2）　(c) ノードIDの設定

ードと連絡を取り合い，自動的にバスの構成を認識してアドレス（ノードID）を設定します．自動設定のやり方は，トーナメントの試合のように，バスの端点のノード（リーフ）からツリーを徐々にさかのぼってすべてのノードを網羅する方法を採用しています．

ノードの接続や切り離しを検出すると，バス上のすべてのノードに対してリセット信号が送られます．また，電源投入時にも同様にリセット信号が送られます．リセットによって各ノードが初期化され，それまでもっていた接続情報がクリアされます．

初期化された各ノードは，まず自分が接続されている相手の数を認識して，相手の数が1個ならば自分がリーフであると認識します．リーフはただ一つのノードに接続されており，そのノードが唯一の上流側ノードですから親ノードとなります．そこで，リーフから親ノードに対して通知信号（parent_notify）を送ります．また，parent_notify を受け取ったノードは，相手を子ノードと認める通知（child_notify）を返します．

各リーフが自分の親ノードに **parent_notify** を送ることによって，バスの端点から自動設定のシーケンスが開始されます．

つぎに，ブランチの動作を考えます．ブランチ自身は接続相手の個数は認識できますが，相手がリーフであるかブランチであるかを知る方法はありません．しかし，相手がリーフであれば parent_notify が送られてきますから，残った接続相手を親ノードと定めることができます．n 個のリーフと1個のブランチに接続されたブランチは，すべてのリーフから parent_notify を受け取れば，残ったブランチを親ノードと定めて parent_notify を送ります．これを繰り返せば，バスの端点からノードを網羅しながらツリーをさかのぼる parent_notify の連鎖ができます．

ブランチが n 個のブランチに接続されている場合には，リーフからの parent_notify の連鎖が到達したブランチから順に，parent_notice が届きます．$n-1$ 個のブランチから parent_notice を受け取って残りの相手が一つになったら，それを親ノードと定めて parent_notify を送ります．

このようにしてバスの両端からツリーをさかのぼってきた連鎖は，最後にどこかのノードでぶつかります．すべての接続相手から parent_notify を受け取ったノードが，そのシステムのルート（根）となります．

接続の形態が同じでも，parent_notify が伝播するスピードによってルートの

parent_notify

parent は親，notify は通知するという意味．この場合，子ノードから親ノードに対して「あなたが親です」という通知（parent-notify）を送り，それを受け取った親ノードが「あなたが子です」という通知（child-notify）を返す．

位置は変わります．何らかの理由でノードからparent_notifyを出すのが遅れていると，その間にほかのすべてのparent_notifyの連鎖が到達して，そのノードがルートになってしまうということもあります．しかし，そのような特別な理由がなければ，バスの中心に近いノードがルートに選ばれるようになっています．

アービトレーションなどの制御はノードで行いますから，ノードがバスの中心の近くに位置するほど制御信号の伝播が速くなる利点があります．なお，すべてのノードはルートに選ばれる可能性がありますから，すべてのIEEE1394機器はルートの機能をもつことが必要です．

ルートが決定されると，次に各ノードのアドレス（ノードID）が設定されます．ルートのもっとも若い番号の1394ポートから接続されている子ノードを順次たどり，末端のリーフがノードID＝0となります．ノードID＝0のリーフは，ほかのノードに自分のIDと機器の情報をブロードキャストします．そこから，ツリーをさかのぼりながら順次ノードID＝1，ノードID＝2とアドレスを付けていきます．最後にルートのノードIDが決まるので，ルートがもっとも大きいノードIDをもつことになります．

⑨同期方式（図7-8）

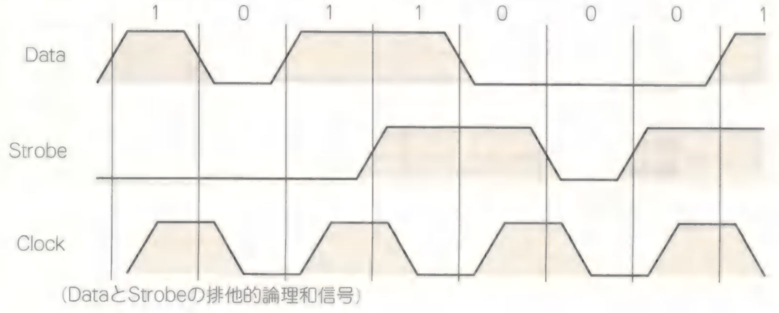
一般に，シリアル・インターフェースでは，シリアル化されたデータと，データ・ビットに同期するためのタイミング情報の二つを同時に転送することが必要です．

IEEE1394では，2対の信号線（TPA、TPA＊とTPB，TPB＊）を用いてデータとストローブの二つの信号を転送します．データはNRZのディジタル・データです．ストローブには同期のためのタイミング情報が含まれており，データとストローブから独自の方法を用いてクロックを生成します．データとストローブのExOR（排他的論理和）をとり，それに若干の遅延を加えることによって，同期のためのクロックが生成されます．これを，DS Link（Data Strobe Link）方式と呼んでいます．

一般に，シリアル・インターフェースではデータ自体にクロック成分を含むように符号化（マンチェスタ符号やNRZI符号など）を行い，受信側でPLLによってクロックを再生する自己同期方式が主流です．信号線が1対ですむのが自己同期方式の最大の利点です．

しかし，IEEE1394はきわめて高速のデータを扱うため，自己同期方式ではPLLによるクロック再生回路が難しくなります．また，自己同期方式では符号化した信号には高周波のクロック成分が含まれるため，高速化すると信号の歪みが大きくなります．

〈図7-8〉DS-Link符号化方式



DS-Link

高速シリアル伝送に適した同期方式として，IEEE 1394で新たに採用された方式．

シリアル伝送ではデータを受信するためにビットごとにタイミング情報（クロック）が必要．一般に，長距離，低速の伝送ではケーブルの本数を減らすことが重要なので，クロックを送らない自己同期方式を採用している．

しかし，自己同期方式では受信側でクロックを再生する回路が複雑なため，IEEE 1394のような高速伝送を実現するのは難しくなる．また，IEEE 1394は近距離の伝送なので，データ線とクロック線を別にしてケーブルの本数が増えたとしても，それほど問題はない．

ただし，単純にデータとクロックを伝送すると，一般にクロックの方が周波数が高いため，伝送による波形歪みが大きくなる．そこで，DS-Link方式ではデータと同じような周波数特性をもつストローブ信号を生成して，データとストローブを伝送する．

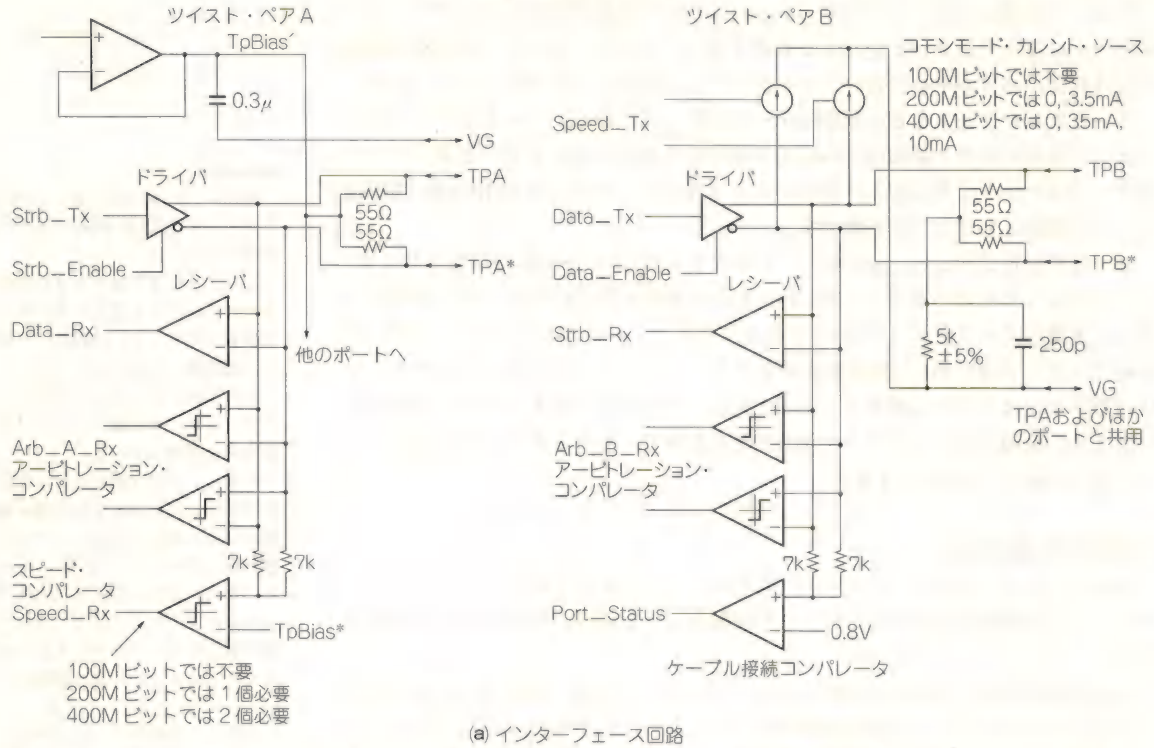
マンチェスタ符号

通常のディジタル信号（NRZ符号）は，信号のレベル（ローとハイ）によってロジックの2値（0と1）を表す．そのため，同じロジック値が連続すると，信号レベルも変わらないままになり，クロック成分が失われてしまう．

マンチェスタ符号は，信号のエッジ（立ち上がりエッジと立ち下がりエッジ）によってロジックの2値（0と1）を表す．したがって，1ビットごとに信号のエッジはかならず現れる．この性質から，自己同期方式に適した符号として使われている．

また，マンチェスタ符号はアナログの2相位相変調（0°と180°の二つの正弦波でロジックの2値を表す方式）をディジタル的に実現したものと見なすことができ，伝送特性も優れている．

〈図 7-9〉 **IEEE1394 の電気的仕様**



(a) インターフェース回路

		min	typ	max	単位
特性インピーダンス	差動	104	110	116	Ω
	同相	27	33	39	Ω
ケーブル減衰量	100 MHz	−	−	2.3	dB
	200 MHz	−	−	3.2	dB
	400 MHz	−	−	5.8	dB
ケーブル伝播時間		−	−	5.05	ns/m
ケーブル伝播スキュー		−	−	400	ps
差動出力電圧		172	−	265	mV
差動入力電圧（アービトレーション）	100 M	173	−	260	mV
	200 M	171	−	262	mV
	400 M	168	−	265	mV
差動入力電圧（データ受信）	100 M	142	−	260	mV
	200 M	132	−	260	mV
	400 M	118	−	260	mV
伝送速度	100 M	−100ppm	98.304	+100ppm	Mビット/s
	200 M	−100ppm	196.608	+100ppm	Mビット/s
	400 M	−100ppm	393.216	+100ppm	Mビット/s
出力上昇/下降時間	100 M	−	−	3.2	ns
	200 M	−	−	2.2	ns
	400 M	−	−	1.2	ns
送信スキュー	100 M	−	−	0.4	ns
	200 M	−	−	0.15	ns
	400 M	−	−	0.1	ns
受信スキュー	100 M	−	−	0.8	ns
	200 M	−	−	0.55	ns
	400 M	−	−	0.5	ns

(b) 電気的仕様（TPA，TPB）

〈図 7-9〉IEEE1394 の電気的仕様（続き）

		min	typ	max	単位
特性インピーダンス	差動	−	−	65	Ω
ケーブル直流抵抗		−	−	0.333	Ω
出力電流	1ポート	−	−	1.5	A
出力電圧		8	−	40	Vdc
出力リプル	10 k〜400 MHz	−	−	100	mVp − p
	10 kHz以下	−	−	1	Vp − p

(c) 電気的仕様（VP，VG）

DS Link 方式は信号線を 2 対必要としますが，データとストローブはともに比較的低速で波形歪みも小さく，IEEE1394 のような高速インターフェースには適しています．

⑩電気的仕様（図 7-9）

IEEE1394 では，小振幅の差動信号を用いて伝送を行います．ブランチ接続でもポート-ポート間は 1 対 1 で接続されており，双方向の 1 対 1 伝送になります．

インピーダンスを整合して信号の反射を防ぐため，ケーブルの両端は 110 Ω（55 Ω × 2）で終端されます．終端抵抗は各ポートに内蔵されるため，SCSI のように接続が変わるたびに終端抵抗を接続し直す必要もありません．

また，55 Ω の終端抵抗は TPA，TPA ＊側は TPBIAS=1.86 V へのプルアップ，TPB，TPB ＊側は 5 kΩ を介して GND へのプルダウンとなっています．これを利用して，相手側ノードの接続や状態の検出ができます．

⑪システム構成の例（図 7-10）

IEEE1394 のインターフェースは，下位プロトコルの物理層（PHY）と上位プロトコルのデータ・リンク層（LLC）に分けられています．1394 インターフェース LSI も，物理層に相当する 1394 トランシーバ/アービタ LSI と，データリンク層に相当する 1394 コントローラ LSI に分かれたものが多くなっています．システム構成の例を示します．

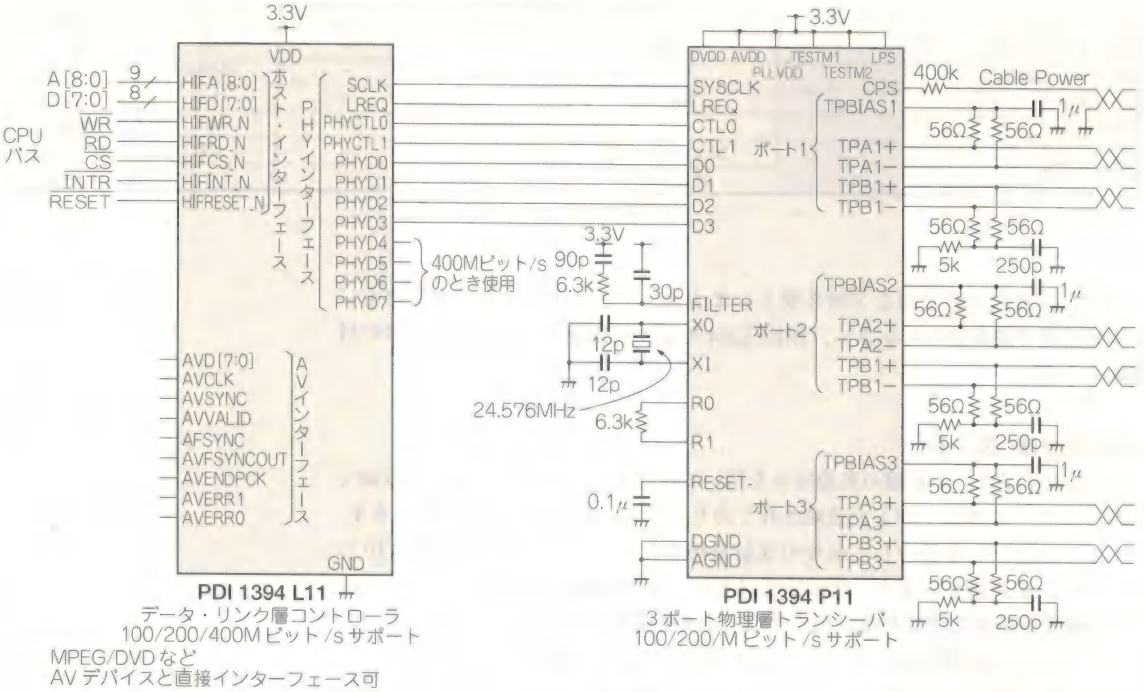
物理層とデータ・リンク層

OSI の 7 層モデルのもっとも下位の層が物理層，下から 2 番目の層がデータ・リンク層．

トランジスタ技術 SPECIAL No.51
エレクトロニクスの基礎と実用技術を満載したフィールド・ワーク・マガジン
B5 判　160 頁
定価 1,835 円（税込）

特集　データ通信技術基礎講座
RS232C の徹底理解からローカル通信の実用技術まで
こうパソコンの台数が増えてくると，パソコン同士を接続したり，モデムやプロッタといった周辺機器を接続することがあたりまえになってきました．これらの機器同士を物理的にケーブルで接続しただけでは，データ通信はできません．本書は，この通信で非常によく使われているシリアル伝送の規格 RS232C について，やさしく解説します．さらに一般の電話回線を利用してデータを送るための装置 モデムを取り上げ，その成り立ちとハードウェアの構成を紹介します．最後に，パソコン同士を有機的に接続する LAN の構成法についても言及します．
CQ出版社　〒 170-8461
東京都豊島区巣鴨 1-14-2　販売部　TEL（03）5395-2141　振替 00100-7-10665

〈図 7-10〉システム構成の例



トランジスタ技術 SPECIAL No.58

特集 基本・C-MOS 標準ロジック IC 活用マスタ

B5判 176頁
1,840円(税込)

好評発売中

低電圧動作とドライブ能力の向上をはかった

半導体メーカーが販売するチップ・セットを使い，ソフト的に独自機能を追加するという設計方法が一般的になってきました．ロジック回路では依然として標準ロジック IC を使うところは残っており，CPU とメモリ，ASIC とメモリ，ASIC と外部ケーブル・インターフェース，機構部品コントローラ駆動回路，画像表示コントローラ駆動回路などの間で活躍しています．これら基本的な知識をわかりやすく紹介します．

増え続ける生産量と集約される品種数
第 0 章 **C-MOS 標準ロジック IC の需要トレンド**
TTL と C-MOS の世代の移り変わりがわかる
第 1 章 **標準ロジック IC の構成と特徴**
HC シリーズから VHC，LVX，LCX シリーズまで
第 2 章 **新世代の C-MOS 標準ロジック**
PLD，ゲートアレイ，スタンダード・セルの損失を知る
第 3 章 **標準ロジックから ASIC 化へのヒント**
MIL 規格による論理記号を実際のデバイスで実現した
第 4 章 **基本ゲート IC の使い方**
コンピュータ・システムには欠かせないファンクション
第 5 章 **インターフェース用 IC の使い方**
バス・ラインのインターフェースなどに使用する
第 6 章 **ラッチ IC の使い方**
信号の保持や分周回路で利用する
第 7 章 **フリップフロップの使い方**
適当なタイミングを作るときに有効な
第 8 章 **マルチバイブレータの使い方**
10 進のものは使われなくなったが，まだ需要の多い
第 9 章 **カウンタの使い方**
情報変換，情報転送，情報の記憶，カウンタ回路などに活用する
第 10 章 **シフトレジスタの使い方**

CQ出版社 〒170-8461 東京都豊島区巣鴨 1-14-2 販売部 ☎(03) 5395-2141 振替 00100-7-10665

第1-8章　Compaq，Intel，Microsoftで協議した拡張スロットの規格

デバイス・ベイ

〈名称〉

Device Bay Interface Specification (Rev. 0.85)

〈発行日〉

1998.2.6

〈発行者〉

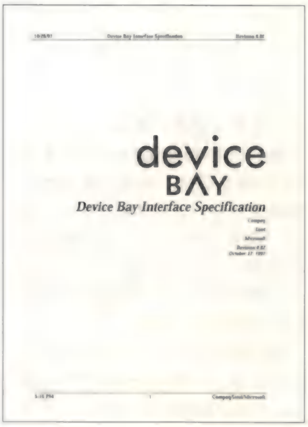
Compaq Corporation, Intel Corporation, Microsoft Corporation

〈ファイルのダウンロード〉

(英語版)

http://www. device-bay. org/download/spec

拡張ボードや内蔵周辺機器の機械的，電気的接続を容易にする


device
BAY
Device Bay Interface Specification

パソコンのシステムを拡張する手段としては，これまで拡張ボード，内蔵周辺機器，外付け周辺機器という三つの方法が使われてきました．いずれの方法でも，デバイスの機械的，電気的な接続や**リソースの設定**などの作業に手間がかかったり，専門的な知識が要求されるという問題点がありました．また，インターフェースによって接続できるデバイスが決められているためケーブルやコネクタの種類が増えることや，デバイスの台数の制限が厳しいことも問題でした．

これらのうち，リソースの設定についてはWindows 95のPnPによって設定の自動化が可能となり，デバイスを接続した後の問題はかなり改善されます．また，外付け周辺機器のインターフェースについては，USBやIEEE 1394によってケーブルやコネクタを2種類に整理できるとともに，ホットプラグが実現されたため，機械的，電気的接続の問題も解決が可能になりました．

残された課題が，拡張ボードや内蔵周辺機器の機械的，電気的接続の問題です．Compaq，Intel，Microsoftの3社は，この問題を一気に解決する方法として，従来の拡張スロットやコネクタを使わない新しいシステム拡張の方法を検討してきました．

1996年にMicrosoft社から次世代の家庭用パソコンの構想が発表され，その中でパソコン前面のスロットに装着する新しい周辺機器インターフェースが提案されました．1997年5月に，Compaq，Intel，Microsoftの3社からデバイス・ベイの最初の規格案(Rev. 0.8)が発表され，その後Rev. 0.81，Rev. 0.82，Rev. 0.83，Rev. 0.85と改訂が進められています．

デバイス・ベイは，すべての周辺機器や拡張ボードを規格サイズの箱に収め，パソコン前面のスロットに装着するようにしたものです．コネクタも内蔵しており，機械的な接続と電気的な接続が同時にできます．パソコンの筐体を開けたり，ネジ止めやケーブル接続の必要もなく，だれでも簡単に間違いなく周辺機器の接続ができます．

電気的接続にはUSBとIEEE 1394を採用しています．ホットプラグによってパソコンの動作中に接続や切り離しができ，PnPによって設定を自動化できま

リソースの設定

パソコンのリソース(資源)とは，ユーザが使用可能なメモリ・アドレス，I/Oアドレス，割り込みチャネル，DMAチャネルなどをさす．

PnP対応でない拡張ボードを使用するには，現在のリソースの使用状況を調べて，空いているリソースを拡張ボードに割り当てなければならない．また，リソースを割り当てるには，一般に拡張ボード上のジャンパやDIPスイッチで設定を行うことが必要．

す．転送速度はUSBが1.5 Mビット/sと12 Mビット/sで低～中速の用途をカバーし，IEEE 1394が100 Mビット/s～400 Mビット/sと高速の用途をカバーします．接続できる周辺機器の数も最大63台と，従来のインターフェースよりも大幅に増えています．

ユーザは，接続したい周辺機器を好きなときにスロットに挿入すればよく，すぐにパソコンが自動的にデバイスを検出してリソースの設定を行い，機器が使用可能になります．デバイス･ベイを用いれば，完全なプラグ&プレイを実現できます．

PC 98システムデザインガイド（1997）でもデバイス･ベイの採用が推奨されています．近い将来には，デバイス･ベイの搭載が「Designed for Microsoft Windows」ロゴ交付の必須条件となる可能性は高いでしょう．

ハードディスク，モデム，各種セキュリティ機器の接続に使う

デバイス･ベイの規格としては，箱の外形寸法や物理的仕様，信号線とコネクタの仕様，信号や電源の電気的仕様，コントローラの仕様などが定められています．また，パソコン側のスロットの仕様とデバイス側の仕様の両方が定められています．

さらに，デバイス･ベイはデスクトップ･パソコンとノートブック･パソコンの両方を対象としており，デスクトップ向けの仕様とノートブック向けの仕様の両方が定められています．ノートブック向けのほうが小型，薄型で，低消費電力になっています．

デバイス･ベイは特定の機器に限定されない汎用の周辺機器インターフェースです．しかし，とくに次のような周辺機器がおもなターゲットとされています．第一は，ハードディスク･ドライブ，テープ･バックアップ装置，CD-ROMドライブ，DVD-ROMドライブなどの大容量ストレージです．ディジタルVCR，DVDプレーヤ，**セットトップボックス**などの民生用マルチメディア機器もこれに含まれます．第二は，モデム，ISDNインターフェース，LANインターフェース，IrDAなどの通信機器です．第三は，今後必要性が高まると考えられる各種の**セキュリティ機器**です．

セットトップボックス

地上波や衛星波のディジタルTV放送を受信，再生するための装置をセットトップボックスと呼ぶ．各国でディジタルTV放送の開始がもはや目の前となっており，半導体メーカでは盛んに対応LSIを開発している．

独立型のセットトップボックスはNTSC/PALなどのビデオ出力，IEEE 1394などのディジタル出力，RGB出力などの各種のインターフェースを備え，従来のTVやビデオモニタ，パソコンのディスプレイなどに接続して画像を表示できる．

デバイス･ベイ内蔵型のセットトップボックスは，IEEE 1394バスでパソコン本体にデータを転送し，ディスプレイに画像を表示することになるだろう．

セキュリティ機器

机の上においてあるパソコンを他人に使用させないためのガード機器，アプリケーションの不正コピー利用を防ぐロック機器，ネットワークにアクセスしたときに本人であることを証明するための認証機器などが考えられる．

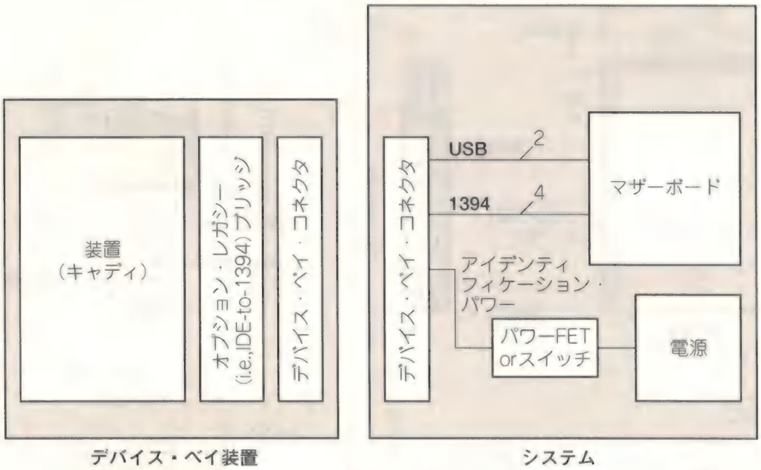
①システム構成（図8-1）

デバイス･ベイではパソコン側のスロットにデバイスを挿入します．スロットとデバイスにはそれぞれコネクタが実装されており，挿入によって自然に機械的，電気的接続ができるようにコネクタの位置や外形が定められています．また，コネクタの位置や外形は，向きを間違えて挿入したとしても誤って接続されないように定められています．

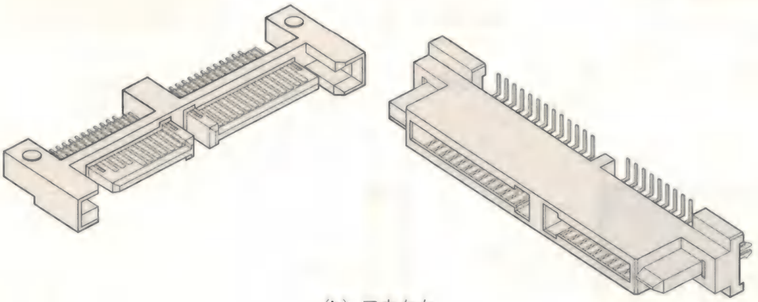
パソコンに装備するスロットの位置はとくに定められていません．パソコンの前面だけでなく，背面や側面にスロットを装備することも可能です．また，パソコンに装備できるスロットの数は，規格上は最大63個と十分に多く，実用上はパソコンの筐体の寸法や電源容量などによって制限されます．

デバイス･ベイのインターフェースはホットプラグ･バス（USB，IEEE 1394）とパワー･バス（電源供給）からなります．USBやIEEE 1394で信号をやり取りするだけでなく，パワー･バスを通してパソコンからデバイスに電源を供給できます．デバイス側はUSBとIEEE 1394のどちらか一方にだけ対応していればよく，パソコン側は両方に対応していることが必要です．

〈図 8-1〉システム構成



(a) 構成



(b) コネクタ

USB と IEEE 1394 ではそれぞれケーブルやコネクタが規格化されていますが，デバイス･ベイではそれらを使用せず，デバイス･ベイ独自のコネクタで接続します．コネクタはデバイス側が**プラグ**，スロット側が**レセプタクル**です．また，USB と IEEE 1394 はそれぞれ電源供給の機能をもっていますが，デバイス･ベイではそれを使用せず，デバイス･ベイ独自の電源供給機能を使用します．

プラグ
形状的に見て，差し込む側のコネクタ．

レセプタクル
形状的に見て，差し込まれる側のコネクタ．

②デバイスの種類と外形寸法（図 8-2）

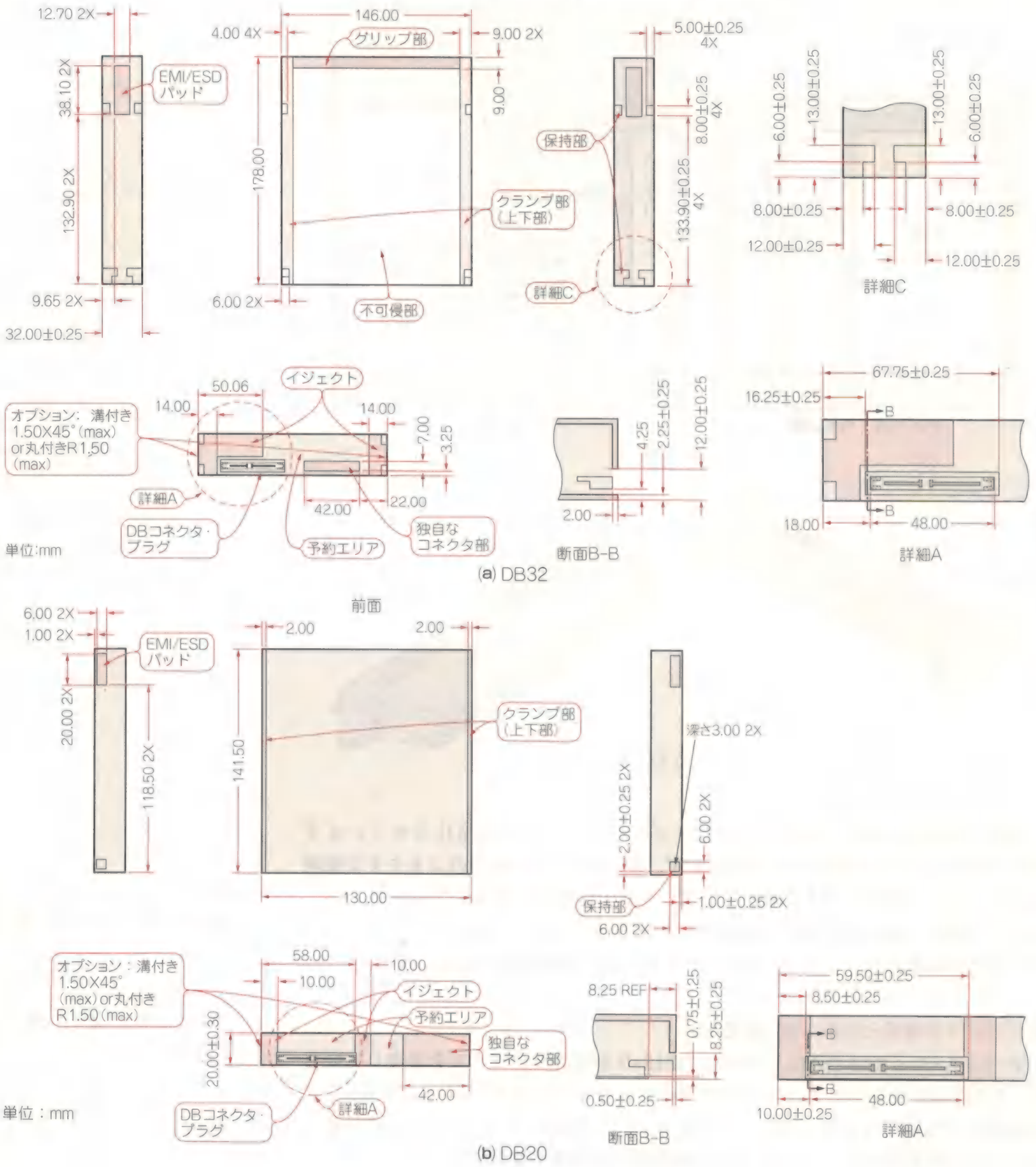
デバイス･ベイでは DB32，DB20，DB13 の 3 種類のデバイスを定義しています．DB32 はおもにデスクトップを対象とするもので外形が大きく，許容される消費電力も大きくなっています．DB20 と DB13 はおもにノートブックを対象とするもので外形が小さく，許容される消費電力も小さくなっています．

DB32 の外形寸法は 146.00 mm × 178.00 mm × 32.00 mm で，デスクトップ用の内蔵型ハードディスク，CD-ROM の収納が可能なようにサイズが決められています．

DB20 の外形寸法は 130.00 mm × 141.50 mm × 20.00 mm で，ノートブック用の内蔵型ハードディスク，CD-ROM の収納が可能なようにサイズが決められています．

DB13 の外形寸法は 130.00 mm × 141.50 mm × 13.00 mm で，DB20 をさらに薄くしたものです．ノートブック本体をなるべく薄型化するには周辺機器の薄型化が必要です．当面は DB20 サイズの周辺機器を供給し，近い将来には DB13 サイ

〈図 8-2〉外形寸法



EMI/ESD

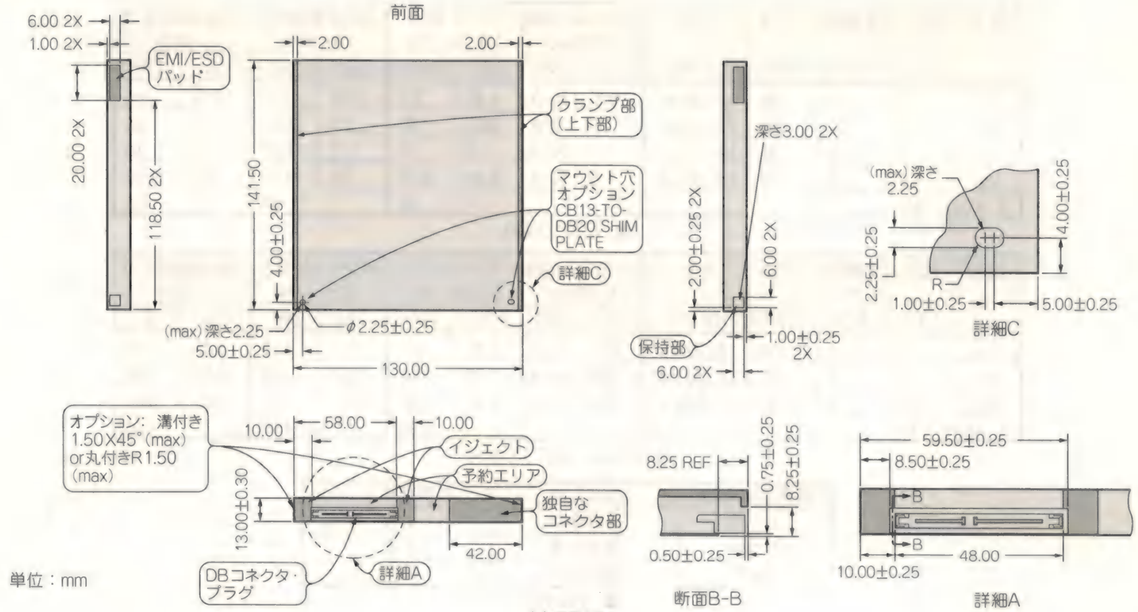
EMI（ElectroMagnetic Interfarence= 電磁妨害）は電磁的なノイズによって発生する誤動作などの障害，ESD（ElectroStatic Discharge= 静電気放電）はデバイスの破壊につながる静電気の放電をさす．電子機器の設計では，どちらも対策が必要．

ズまで薄型化を進めることを想定しています．

それぞれ，デバイスの外形寸法やコネクタの位置のほかに，取り外しのためのイジェクタの当たる位置，EMI/ESD 防止のためのシールド・グラウンドの位置，機器独自のコネクタを装備できる範囲，デバイスを保持するためのクランプの位置やロックのための切り欠きの位置などが定められています．

デバイス・ベイでは，デバイスの予期しない取り外しを防ぐために，ロック機構を設けなければなりません．たとえば，デバイスがハードディスク・ドライブの場合，ドライブのクラッシュを防ぐために，アクセス中には取り外しができな

〈図 8-2〉外形寸法



(c) DB13

いように物理的にロックする必要があります．そのために，デバイス･ベイ･コントローラ（DBC）はデバイスの状態を調べて取り外しの禁止/許可を判断し，禁止時にはデバイスの切り欠きにストッパを挿入して物理的にロックする機構をもたなければなりません．

このロック機構は，誤操作によるデバイスの取り出しを防ぐだけでなく，デバイスの盗難など不正な取り外しを防ぐセキュリティ機能としても利用できます．

③デバイスの種類と消費電力（表 8-1）

デバイスの動作電源はデバイス･ベイから供給できます．DB32 では +12V，+5V，+3.3 V を供給できます．DB20 と DB13 では +5V と +3.3 V だけを供給できます．

デバイスの消費電力は，ピーク電力（30 s 以内），短時間連続電力（30 ～ 300 s），長時間連続電力（300 s 以上）の 3 段階に分けて制限されています．これは，ハードディスク･ドライブや CD-ROM ドライブのように，モータ回転時とそうでないときの消費電力の差がきわめて大きい機器を考慮したものです．また，デバイスの発熱は長時間連続電力で決まるので，それに応じて**放熱設計**をしなければなりません．

デスクトップは一般に電流容量が大きく，放熱もファンを使って強制冷却できます．そのため，DB32 ではトータル（+12V，+5V，+3.3 V の合計）の消費電力が連続時 25 W，ピーク時 60 W と大きくなっています．それに対して，ノートブックはパソコン自身の電流容量が小さく，放熱ファンも設けられない場合が多いので，トータル（+5V，+3.3 V の合計）の消費電力を連続時 4 W，ピーク時 8 W に制限しています．

④信号線の定義（表 8-2）

デバイス･ベイのホットプラグ･バスには，USB のデータ（D+，D −），IEEE

放熱設計

デバイスで発生した熱は，筐体の外部に放出しないと，温度上昇による誤動作や故障の原因となる．

基本的には通気口を設けて空気とともに熱を放出する．自然対流で不十分な場合はファンを設けて強制冷却する．また，ペルチェ素子などの電子クーラ（通電すると低温になる素子）を用いる場合もある．

ノートブックでは消費電流を抑えるため，なるべくファンを設けずに放熱を行う．さらに，ほこりなどの侵入やスペースの問題もあって，通気口も十分に設けられない場合がある．最近は，合金製のフレームを採用して放射によって外部に熱を放出する方式も増えている．

〈表 8-1〉デバイスの種類と消費電力

記号	電圧	変動幅	リプル	di/dt	トランジェント電流 <100 μs		ピーク電力 100 μs~30s		短時間連続電力 30~300s		長時間連続電力 >300s	
	(V)	(±%)	(±mV)	(A/μs)	(A)	(W)	(A)	(W)	(A)	(W)	(A)	(W)
V_{id}	3.3	5	50	1A/20 μs	0.91	N/A	0.45	1.5	0.45	1.50	0.45	1.5
V_{12}	12	10	150	1A/20 μs	5	N/A	3.75	45	2.5	30.00	2	24
V_5	5	5	50	1A/20 μs	4	N/A	3	15	2	10.00	2	10
V_{33}	3.3	5	50	1A/20 μs	7	N/A	5.25	17.33	3.5	11.55	3.5	11.55
T Aggr (W)								45		30		25

(a) DB32の場合

記号	電圧	変動幅	リプル	di/dt	トランジェント電流 <100 μs		ピーク電力 100 μs~30s		短時間連続電力 30~300s		長時間連続電力 >300s	
	(V)	(±%)	(±mV)	(A/μs)	(A)	(W)	(A)	(W)	(A)	(W)	(A)	(W)
V_{id}	3.3	5	50	1A/20 μs	0.91	N/A	0.45	1.50	0.45	1.50	0.45	1.50
V_5	5	5	50	1A/25 μs	2.00	N/A	1.60	8.00	0.80	4.00	0.80	4.00
V_{33}	3.3	5	50	1A/20 μs	3.03	N/A	2.42	8.00	1.21	4.00	1.21	4.00
T Aggr (W)								8.00		4.00		4.00

(b) DB20, DB13の場合

各装置の形態	冷却方法	消費電力
DB13	自然冷却	4 W
DB20	自然冷却	4 W
DB32	強制冷却	25 W

(c) 冷却方法

〈表 8-2〉信号線の定義

A14	GND (1st mate)	GND (1st mate)	A1
A15	GND (1st mate)	TPA	A2
A16	GND (1st mate)	TPA#	A3
A17	GND (1st mate)	GND (1st mate)	A4
A18	GND (1st mate)	TPB	A5
A19	GND (1st mate)	TPB#	A6
A20	GND (1st mate)	GND (1st mate)	A7
A21	GND (1st mate)	1394PRSN#	A8
A22	GND (1st mate)	DEV_ACT#	A9
A23	GND (1st mate)	USBPRSN#	A10
A24	GND (1st mate)	D+	A11
A25	GND (1st mate)	D−	A12
A26	Reserved	V_{id} (1st mate)	A13
Individual key for the Signal Segment Gap Individual key for the Power Segment			
B10	GND (1st mate)	V_{33}	B1
B11	GND (1st mate)	V_{33}	B2
B12	GND (1st mate)	V_{33}	B3
B13	GND (1st mate)	V_{33}	B4
B14	GND (1st mate)	V_{33}	B5
B15	GND (1st mate)	V_{33}	B6
B16	V_5	V_{12}	B7
B17	V_5	V_{12}	B8
B18	V_5	V_{12}	B9

(a) プラグ側のピン配置

A1	GND	GND	A14
A2	TPB	GND	A15
A3	TPB#	GND	A16
A4	GND	GND	A17
A5	TPA	GND	A18
A6	TPA#	GND	A19
A7	GND	GND	A20
A8	1394PRSN#	GND	A21
A9	DEV_ACT#	GND	A22
A10	USBPRSN#	GND	A23
A11	D+	GND	A24
A12	D−	GND	A25
A13	V_{id}	Reserved	A26
Individual key for the Signal Segment Gap Individual key for the Power Segment			
B1	V_{33}	GND	B10
B2	V_{33}	GND	B11
B3	V_{33}	GND	B12
B4	V_{33}	GND	B13
B5	V_{33}	GND	B14
B6	V_{33}	GND	B15
B7	V_{12}	V_5	B16
B8	V_{12}	V_5	B17
B9	V_{12}	V_5	B18

(b) コネクタ側のピン配置

1394のデータとストローブ（TPA，TPA#とTPB，TPB#）の3対の信号線と，USBデバイスの存在を検出するためのUSBPRSN#，1394デバイスの存在を検出するための1394 PRSN#，接続された**デバイスの状態**を検出するためのDEV_ACT#の3本の信号線があります．信号名の後の#は負論理を示します．

また，デバイス・ベイのパワー・バスには，パソコンからデバイスのパワー状態を制御するためのV_{id}，電源を供給するためのV_{12}，V_5，V_{33}の4種類の電源線があります．

デバイスの状態
デバイスは，アクティブ（動作中）であるか，スリープ（停止中）であるかのいずれかである．

これらの信号線は，26ピン（13ピン×2列）+18ピン（9ピン×2列）のコネクタによって接続されます．信号線の配置は，DB32，DB20，DB13のすべてに共通です．ノートブック（DB20，DB13）の場合は，スロット側もデバイス側もV_{12}の電源ピンが存在しますが，使用することはできません（ノー・コネクション）．

なお，IEEE 1394の仕様では一方のノードのTPA，TPA#と他方のノードのTPB，TPB#をクロス接続することになっており，デバイス・ベイでもそれに従っています．レセプタクルではA2，A3がTPB，TPB#でA5，A6がTPA，TPA#ですが，プラグではA2，A3がTPA，TPA#でA5，A6がTPB，TPB#となっています．

ホットプラグを実現するために，デバイスの挿入や取り出しの際に信号線や電源線が接続される順序が決められています．デバイスの挿入時にはV_{id}とGNDが先に接続され（1st mate），信号線やほかの電源線は後に接続されます（last mate）．デバイスの取り出し時にはV_{id}とGNDは後に切り離され，信号線や他の電源線が先に切り離されます．

デバイスは，V_{id}が供給されていないときは，USBインターフェース回路やIEEE 1394インターフェース回路をアクティブにしてはいけません．また，V_{12}，V_5，V_{33}から電源を取り出すこともできません．

パソコン側では，スロットに接続されているデバイスをスリープさせるためにV_{id}の供給をコントロールすることができます．

⑤コネクタ（図8-3）

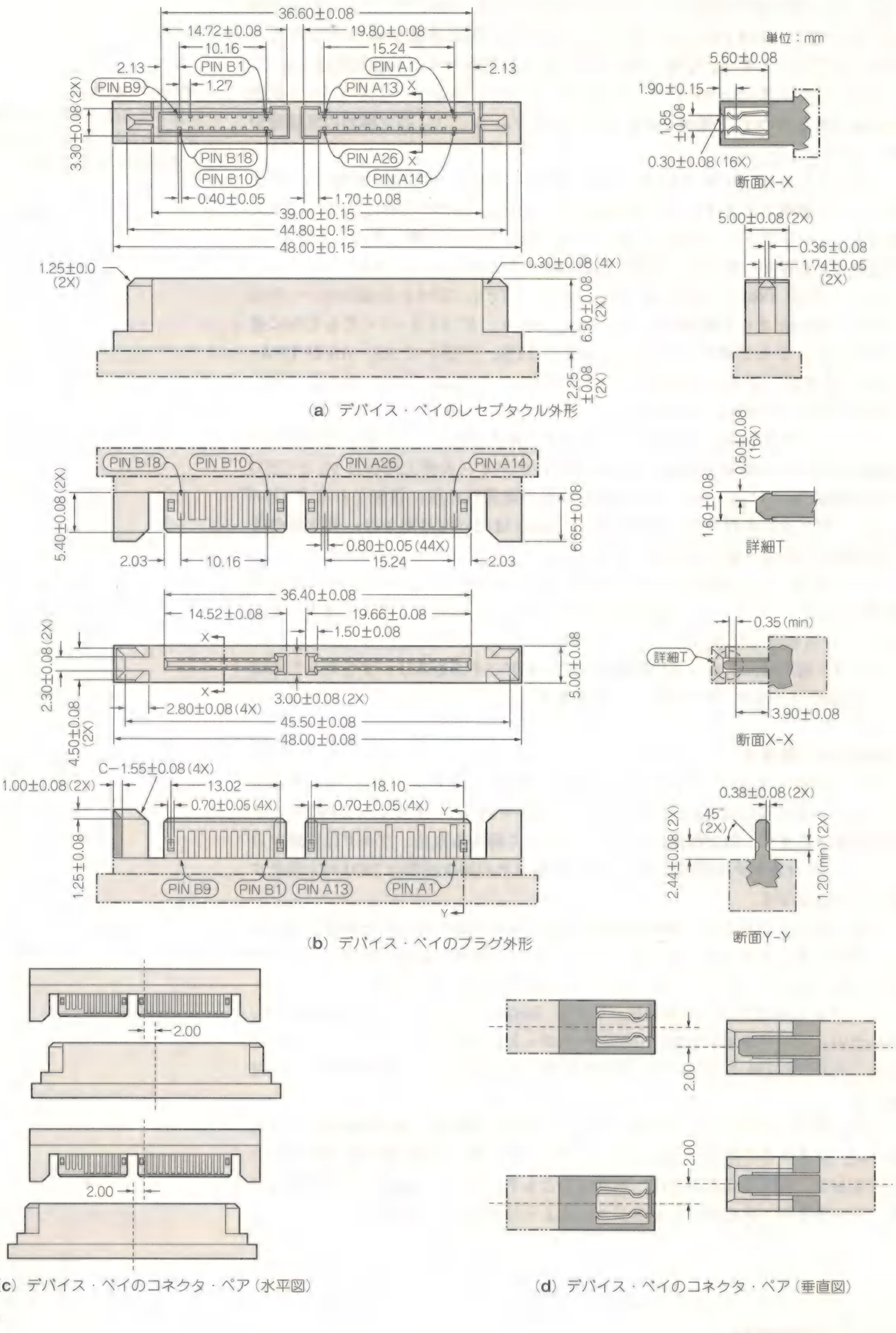
スロット側には26ピン（13ピン×2列）+18ピン（9ピン×2列）のレセプタクル，デバイス側には26ピン（13ピン×2列）+18ピン（9ピン×2列）のプラグが装備されます．周辺機器のコストをなるべく抑えるため，プラグは安価なカードエッジ・コネクタを採用しています．コネクタの挿抜回数は2500回を保証することが必要です．

プラグのピンの長さは，接続の順序（first mate，last mate）を保証するために，信号によって変えてあります．V_{id}とGNDに相当するピンは長く，ほかのピンは短くなっています．レセプタクルのピンの長さはすべて同じです．

レセプタクルやプラグの形状は，DB32，DB20，DB13のすべてに共通です．何らかのスペーサを用いれば，DB32のスロットにDB20やDB13のデバイスを挿入したり，DB20のスロットにDB13のデバイスを挿入して使用することが可能です．

また，スロットにデバイスを挿入すれば，自然に機械的，電気的接続ができるように，コネクタの形状が定められています．コネクタの端を斜めに成形することによって，挿入時に水平方向，垂直方向ともそれぞれ±2mmのずれがあっても，そのまま押し込めば正しく接続されるようになっています．

〈図 8-3〉コネクタ



(a) デバイス・ベイのレセプタクル外形

(b) デバイス・ベイのプラグ外形

(c) デバイス・ベイのコネクタ・ペア（水平図）

(d) デバイス・ベイのコネクタ・ペア（垂直図）

⑥転送速度

USBポートは1.5Mビット/s（ロー・スピード・モード），12Mビット/s（フル・スピード・モード）をサポートします．

IEEE 1394ポートは，現在の規格である100Mビット/s，200Mビット/s，400Mビット/sの三つのスピードはかならずサポートすることが必要です．また，規格への追加が検討されている800Mビット/s，1.6Gビット/s，3.2Gビット/sの三つのスピードは，必須ではありませんが，サポートすることが強く推奨されています．そのためには，**IEEE 1394のコントローラやドライバ/レシーバ**を高速転送に対応させるとともに，コネクタの電気的特性も高速転送に対応させることが必要です．

IEEE 1394のコントローラやドライバ/レシーバ
IEEE 1394の規格では，インターフェースの機能を上位プロトコルのデータリンク層（LLC）と下位プロトコルの物理層（PHY）に分けている．
実際のIEEE 1394対応LSIでも，データリンク層を実現するコントローラLSIと，物理層を実現するドライバ/レシーバLSIに分かれているのが普通．

パソコン側はUSBとIEEE 1394の両方をサポートすることが必要ですが，デバイス側は必要に応じてUSBとIEEE 1394のどちらかをサポートすればよく，また対応するスピードも1種類でかまいません．

また，必要があれば，1台のデバイスでUSBとIEEE 1394の両方の転送を同時に行うこともできます．IEEE 1394を高速データ・チャネルとして使い，USBを制御チャネルに利用するというような使い方も可能です．

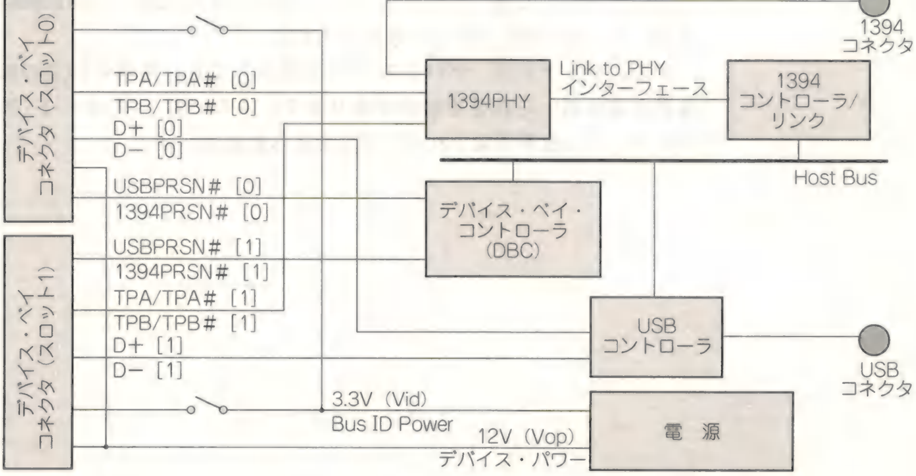
⑦デバイス・ベイ・コントローラ（図8-4）

デバイス・ベイのパソコン側には，USBコントローラ，IEEE 1394コントローラ，デバイス・ベイ・コントローラ（DBC）の三つの制御機能が必要です．

デバイス・ベイ・コントローラはUSBPRSN#信号と1394PRSN#信号を調べてデバイスの挿入や取り出しを検出し，接続されているデバイスを1台ずつ管理します．とくに，デバイスに供給する電力の管理，LEDによるデバイスの状態の表示，予期しない取り外しを防ぐためのデバイスのロックなどを行います．一方，USBやIEEE 1394でデータ転送を行うためのコンフィギュレーションや，転送そのものの実行は，USBコントローラや1394コントローラで行います．

USBコントローラや1394コントローラは外付け周辺機器用のUSBポートや1394ポートと共用できます．USBコントローラはすでにPC用チップセットに機能が組み込まれるようになっており，標準装備するパソコンが増えています．

〈図8-4〉デバイス・ベイ・コントローラ



1394コントローラやデバイス・ベイ・コントローラも近い将来にはPCチップセットに機能が組み込まれると予想されていますが，現在は外付けのコントローラを利用することが必要です．

デバイス側は必要に応じてUSBコントローラと1394コントローラのどちらかを装備すればよく，周辺機器のコストをなるべく抑えるようになっています．

⑧将来のインターフェースの動向

周辺機器を規格サイズの箱に収めてパソコン前面で脱着できるようにしたシステムは，以前にもなかったわけではありません．たとえば，PC98シリーズの**ファイル・ベイ**や，AT互換機のハードディスク脱着アダプタがあります．しかし，これらはPnPやホットプラグの機能がなかったり，接続できる機器が限られています．形は似ていますが，デバイス・ベイとは機能的には大きな差があります．

ファイル・ベイ
かつてPC98シリーズでは，本体前面で脱着できる内蔵ハードディスクを全面的に採用し，ファイル・ベイと呼んでいた．その発想はなかなか秀抜だったと思うのだが….

一方，デバイス・ベイと形は違いますが，機能的によく似た汎用インターフェースはすでに広く使われています．PCカード（PCMCIA/JEIDA）は，デバイス・ベイの特徴である簡単な脱着，PnPやホットプラグへの対応を実現しています．PCカードはノートブックや携帯情報機器に不可欠な汎用インターフェースであり，これらの機器はほとんどがPCカード・スロットを装備しています．PCカードの転送速度はISA相当ですが，転送速度をPCI相当に高速化したCardBusもすでに普及を始めています．

デスクトップ向けにPCIボードやISAボードで供給されている機能の大部分は，ノートブック向けにはPCカード（CardBus）で供給されています．メモリカード，SCSIやモデム，LANなどのインターフェース・カード，オーディオ/ビデオなどのマルチメディア・カード，小型ハードディスク・カードなど各種のカードが製品化されています．ただし，PCIやISAにくらべるとややコスト高になるため，デスクトップ向けにはPCカードは普及しませんでした．また，大容量ハードディスクやCD-ROMを搭載するのは寸法的に不可能です．

デバイス・ベイは大容量ハードディスクやCD-ROMを搭載できるように外形を決めています．そのため，従来PCIボード，ISAボード，PCカードなどで実現されている機能には，サイズが大きすぎて使いにくかったり，コスト高になります．今後，デバイス・ベイが多くのパソコンに標準搭載されることは予想されますが，デバイスの方は大容量ハードディスクやCD-ROM以外にはあまり広がらない可能性もあります．

ノートブックでは，デバイス・ベイが普及しても，多くの周辺機器は従来どおりPCカードで供給されると考えられます．

デスクトップでは，デバイス・ベイが普及しても，従来のPCIの拡張スロットは引き続き用いられる可能性があります．あるいは，PCカード・スロットがデスクトップに標準搭載されることも考えられます．

第 1-9 章　PCMCIA と JEIDA が共同して作った PC Card Standard 規格

PC カード

〈名称〉
PC Card Standard
〈発行日〉
1997.3
〈発行者〉
PCMCIA，日本電子工業振興協会 (JEIDA)
〈情報入手先〉
http://www. pc-card. com
http://www. jeida. or. jp

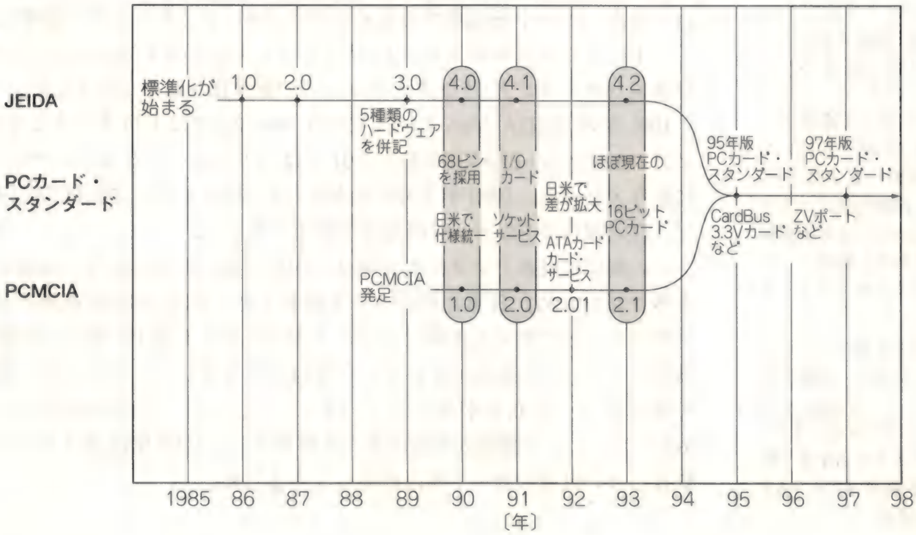
電子手帳のメモリ・カードの規格が原点

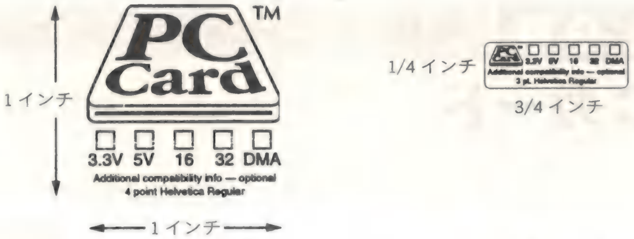
PC カードの標準化の歴史は古く，1985 年に日本電子工業振興協会 (JEIDA) においてコンピュータ用メモリ・カード標準化の議論が始まりました．当時，日本では電子手帳の市場が成長しており，小型のメモリ・カードが使われ始めていました．その技術をパソコンの外部記憶に利用できるように検討を始めたものです (**図 9-1**)．

しかし，その頃にはノートブック型などの小型，携帯パソコンはまだ登場しておらず，パソコン・メーカは小型カードの必要性について明確な将来の展望をもっていませんでした．標準化の議論はおもに半導体メーカやコネクタなどの部品メーカがリードして進みましたが，業界やメーカの主張がばらばらでまとまりませんでした．1986 年に最初の規格として **IC メモリ・カード・ガイドライン Ver.**

IC メモリ・カード・ガイドライン Ver. 1.0
本文では PC カードの規格と呼んでいるが，厳密には，JEIDA ではガイドラインとして発行している．JEIDA のサイトで探すと，PC カードは JEIDA 規格のページにはなくて，JEIDA ガイドラインのページに記載されている．
また，一般にも JEIDA/PCMCIA や PC Card Standard は規格として認識されている．

〈図 9-1〉 PC カードの発展





パッケージング　　プロダクト・ロゴ

1.0が公開され，1987年のVer. 2.0，1989年のVer. 3.0と改訂されてきましたが，Ver. 3.0でもまだ20ピン，34ピン，40ピン，68ピンなど複数の仕様が並記されており，統一された規格にはなりませんでした．

● 本格的な標準化の始まり

ところが，この1989年にはエプソンと東芝から**最初のノートブック・パソコン**が発売され，翌年にはNECも続いたことから，パソコン用メモリ・カードの市場が立ち上がり，標準化が急がれることになりました．また，1989年にはアメリカでもメモリ・カード標準化団体のPCMCIA（Personal Computer Memory Card International Association）が設立され，標準化の議論が始まりました．

JEIDAでは，Ver. 3.0の仕様の中からもっともピン数が多く拡張性が高い68ピン仕様を次期の規格案として選び，ハードウェアとソフトウェアを含めた標準化の作業を進めました．それとともに，PCMCIAにも同じ仕様の採用を呼びかけました．PCMCIAもこれを受け入れて標準化を共同で進めることになり，1990年6月にJEIDA Ver. 4.0/PCMCIA Rel. 1.0として規格が公開されました．これが，現在のPCカードの規格の原型となっています．

この後は，PCMCIAとJEIDAが共同で仕様を検討し，それぞれが適当な時期に規格を公開するという方式で標準化が進められてきました．JEIDA Ver. 4.0/PCMCIA Rel. 1.0まではメモリ・カードだけの仕様でしたが，ノート・パソコンが急速に普及するとともに，モデムやSCSI，LANインターフェースなどの周辺機能を搭載するI/Oカードや，メモリ・カードを**IDE（ATA）**ハードディスク互換の記憶装置として利用するATAカードの標準化の要求が強まってきました．また，カードを利用するためのドライバ・ソフトウェアの標準化の要求も強く，下位プロトコルのソケット・サービスと上位プロトコルのカード・サービスに分けてソフトウェア・インターフェースの標準化が進められました．

1991年のJEIDA Ver. 4.1/PCMCIA Rel. 2.0ではI/Oカードとソケット・サービス，1992年のPCMCIA Rel. 2.01ではATAカードとカード・サービスが仕様に取り入れられ，1993年7月に公開されたJEIDA Ver. 4.2/PCMCIA Rel. 2.1では，ほぼ現在のPCカードの仕様が固まりました．

この間には日本とアメリカで規格の内容に違いがあったり，仕様に不明確な点も多かったため，日本向けのカード製品（たとえばJEIDA準拠のPC98シリーズ用カード）とアメリカ向けのカード製品（たとえばPCMCIA準拠のAT互換機用カード）に互換性がないという問題がありました．そのため，機種に合わせて異なるカード製品が作られていました．しかし，JEIDA Ver. 4.2/PCMCIA Rel. 2.1によって機種依存性はかなり解消され，1993年以降はパソコンの機種に依存しない汎用のカード製品が多くなりました．

最初のノートブック・パソコン

エプソンと東芝は80年代後半から，一体型の液晶ディスプレイを備えたラップトップ・パソコンを積極的に開発してきた．ラップトップ・パソコンは携帯するには大きすぎたが，省スペース，低価格の可搬型パソコンとして着実な需要があった．

とくに，東芝のJ-3100シリーズは日本ではまだ珍しかったAT互換アーキテクチャを採用し，輸出版のT-3100はアメリカで人気を集めていた．

両社ではラップトップ・パソコンの実績をベースとして，さらに小型化と省電力化を進めて，どこにでも携帯して使えるノートブック・パソコンを開発した．

エプソンはPC286note exective，東芝はJ-3100SS（通称DynaBook）をほぼ同時期に製品化したが，エプソンではノートブック・パソコンの量産は時期尚早と考えて，パイロット的に少量販売を行っただけだった．一方，東芝では最初からノートブック・パソコンを戦略的製品と位置づけて，20万円を切る低価格で大量販売を開始した．

東芝のDynaBookはパソコン市場に大きな衝撃を与え，ノートブック・パソコンのブームを起こした．

IDE（ATA）

IDE(Intelligent Drive Electronics)は，AT互換機でもっとも一般的なハードディスク・インターフェース．528 Mバイトまでのハードディスク2台を接続できる．

IDEポートの信号線はISAに類似しており，CPUからのリード/ライト命令によって直接ハードディスク・コントローラにアクセスする．電気的にもTTLレベルそのもので，筐体内部にケーブルを引くことはまったく考慮されていない．すなわち，内蔵ハードディスク専用のインターフェースである．

その後，接続できるハードディスクの数を増やしたり，容量を拡大した規格として，Enhanced IDE(E-IDE)などが作られてきた．

また，IDEをもとにANSIで作られた公的標準がATA（AT Attachment）である．

● 規格の統一とPCカード

1993年のJEIDA Ver. 4.2/PCMCIA Rel. 2.1によって日本とアメリカのカード規格はほぼ統一され，同じカード製品を流通させることが可能になりました．従来のようにJEIDAとPCMCIAの二つの名称があると混乱を招くので，統一された名称としてPC Cardの名称とロゴが決定されました．また，PCMCIAとJEIDAが共同して一つの規格書（PC Card Standard）を発行することになりました．ただし，PCMCIAとJEIDAの独自仕様の部分も残されており，それぞれPCMCIA拡張仕様，JEIDA拡張仕様としてPC Card Standardに記載されています．

互換性の問題を解消し，規格を統一できたことから，その後のPCカードの標準化の方向はカードの性能向上や機能拡張に重点が置かれるようになりました．急速なパソコンの高性能化に対応するために，新機能が次々に取り入れられています．

1995年2月に公開されたPC Card Standardでは，32ビット幅で高速データ転送ができるCardBus仕様，DMAスレーブ機能，1枚のカードに複数の機能を搭載できるマルチファンクション・カード，3.3V動作の低電圧カード，**APM**対応のパワー・マネジメントのサポートなど，多くの新機能が盛り込まれました．32ビット幅のCardBus仕様が追加されたことから，従来の16ビット幅のPCカードは16ビットPCカードと呼ばれるようになりました．

1995年から1996年にかけては，記述の訂正や新しい仕様の追加を含んだ95年版のアップデートがたびたび発行されました．ここで追加されたおもな仕様には，**カスタム・インターフェース**とZVポートがあります．

PC Card Standardの最新版は1997年3月に発行されています．95年版（アップデート版）とくらべて大きな変更はなく，温度/パワー・マネジメントの追加，CardBusやZVポートに関する若干の改訂，カードの物理的試験方法の若干の改訂が加えられています．

APM

Advanced Power Managementの略で，パソコンの省電力化を実現するためにMicrosoft社とIntel社が提唱した仕様．

APMはBIOSやOSなどのソフトウェアだけの仕様だったため，従来のAT互換機でもBIOSを交換するだけでAPM対応にすることができる．しかし，あまり大きな省電力の効果は得られない．

現在では，ハードウェアの対応も含むより高度な省電力化の仕様としてACPI（Advanced Configuration and Power Interface）が提唱されている．

カスタム・インターフェース

16ビットPCカードの一部のピンを変更して，特定用途向けの専用インターフェースとする方法を規定したもの．ZVポートは，カスタム・インターフェースを具体化した第1号．

大きさによって3種類あるPCカード

PCMCIAとJEIDAは英語版のPC Card Standardを共同で発行しています．1997年版のPC Card Standardは，Vol. 1～Vol. 13の13分冊で構成されます（**表9-1**）．

また，JEIDAの独自の日本語版として，1997年版のVol. 2（電気的仕様），Vol. 4（メタ・フォーマット仕様），Vol. 5（カード・サービス仕様）の部分だけを日

〈表9-1〉PC Card Standard（97年版）の構成

Vol. 1	概要と用語索引
Vol. 2	電気的仕様
Vol. 3	物理的仕様
Vol. 4	メタ・フォーマット仕様
Vol. 5	カード・サービス仕様
Vol. 6	ソケット・サービス仕様
Vol. 7	メディア記録フォーマット仕様
Vol. 8	PCカードATA仕様
Vol. 9	XIP仕様
Vol. 10	ガイドライン
Vol. 11	PCMCIA拡張仕様
Vol. 12	JEIDA拡張仕様
Vol. 13	ホスト・システム仕様

本語化して発行しています．PC カードのハードウェア，ソフトウェアを開発するために必要な情報の大部分は，この Vol. 2，Vol. 4，Vol. 5 に含まれています．

Vol. 1 は規格の沿革や仕様の概要で，また用語索引がまとめられています．

Vol. 2 ～ 3 はカードとソケット（パソコン側のカード・スロット）のハードウェア仕様で，Vol. 2 は電気的仕様，Vol. 3 は物理的仕様がまとめられています．

Vol. 4 ではカード属性情報（CIS）とその記述のしかた（メタ・フォーマット）についてまとめられています．CIS をカードのコンフィギュレーションに利用できるので，PC カードは早くから PnP に対応していました．

Vol. 5 ～ 6 はシステム側のソフトウェア仕様で，アプリケーションから PC カードを利用するためのアプリケーション・プログラミング・インターフェース（API）についてまとめられています．Vol. 5 は API の上位層であるカード・サービス（CS），Vol. 6 は API の下位層であるソケット・サービス（SS）の仕様です．

Vol. 7 ～ 8 は主としてメモリ・カードの仕様で，Vol. 7 はメモリ・カードに情報を記録するときのフォーマットについて規定しています．Vol. 8 はカードを IDE ハードディスク互換の記憶装置（ATA カード）として用いるための仕様で，ANSI の ATA 規格を補足するものです．

Vol. 9 は**その場実行型**（XIP）**プログラム**の実現方法です．XIP はカード上の ROM に記憶されたプログラムをシステムの RAM にロードせず直接実行する方法で，RAM 容量が少ない携帯情報機器に適しています．

Vol. 10 はアプリケーションごとに CIS の記述などの実装例がまとめられています．

Vol. 11 ～ 12 は PCMCIA と JEIDA の独自仕様，Vol. 13 はシステムの熱的設計などについてまとめられています．

その場実行型（XIP）プログラム

通常のパソコンでは，PC カードを利用するアプリケーション・プログラムは，すべてパソコンのメイン・メモリ上にロードされて実行される．パソコンはメイン・メモリとして大容量の RAM をもっているし，外部記憶装置からメイン・メモリにプログラムをロードするしくみももっている．

携帯情報機器などでは，メイン・メモリの容量が小さかったり，ROM プログラムだけで動作するシステムが多く，アプリケーション・プログラムをメイン・メモリにロードして実行できない場合も少なくない．

そのような場合に，PC カード上の ROM にアプリケーション・プログラムを内蔵しておき，その場で直接実行できるしくみを作っておけば便利．そのために作られたのが XIP（eXecute In Place）仕様．

それぞれ対応するソケット

最近のパソコンでは，CardBus /ZV ポート/DMA スレーブのすべてに対応したソケットを装備したものが多くなってきた．このような全対応型のソケットであれば，どのようなカードも挿入して動作させることができる．

①カードの種類（表 9-2）

PC カードの仕様の拡張が進むとともに，次々にカードの種類が増え，それに合わせてソケットの種類も増えてきました．カードの平面サイズ（85.6 mm × 54.0 mm）と 68 ピン・コネクタは基本的に共通ですが，それ以外の仕様はさまざまに異なります．カードとソケットの種類が合わないと，ソケットにカードを挿入できなかったり，物理的には挿入できても電気的には動作しなかったりします．

まず，カードのピン定義の違いによって 16 ビット幅のメモリ・カードと I/O カード，32 ビット幅の CardBus PC カードに分類されます．また，I/O カードの機能拡張として DMA スレーブ・カード，ZV ポート対応カードなどがあります．メモリ・カードはすべてのソケットで動作し，I/O カードはメモリ・カード専用ソケットを除くすべてのソケットで動作します．ほかのカードは，**それぞれ対応するソケット**でないと動作しません．

〈表 9-2〉カードの種類とスロットの種類

	16ビット幅				32ビット幅
	メモリ・カード	I/Oカード			CardBus
			DMAスレーブ	ZVポート	
メモリ・カード用スロット	○				
I/Oカード用スロット	○	○			
DMA対応スロット	○	○	○		
ZVポート対応スロット	○	○		○	
CardBus対応スロット	○	○			○

○：挿入可能かつ動作可能
それ以外は，挿入できても動作は不可能

メモリ・カードはJEIDA 4.0/PCMCIA 1.0で最初に規定されたもので，I/O空間や割り込みをもたないメモリ・アクセス専用のカードです．また，I/Oカードは JEIDA 4.1/PCMCIA 2.0で拡張されたもので，メモリ・カードにI/O空間や割り込みを追加したものです．ピン数が68ピンと少ないため多少の制約はありますが，I/Oカードのインターフェース機能はほぼパソコンの拡張バス（たとえばISAやCバス）に相当します．JEIDA 4.2/PCMCIA 2.1までは，基本的にはメモリ・カードとI/Oカードの2種類だけが規定されていました．その後に仕様が規定されたカードは，I/Oカードに対して上位互換性をもちます．

CardBus PCカードは95年版で拡張されたもので，ピン数が68ピンと少ないため多少の制約はありますが，ほぼ**PCIのサブセット**となっています．CardBusにはメモリ専用のカードはなく，すべてがメモリ空間とI/O空間をもちます．CardBus PCカードのピン定義は16ビットPCカードとは大幅に変更されており，16ビット用ソケットでは動作しません．CardBus対応ソケットはCardBus PCカードと16ビットPCカードの両方に対応し，挿入されたカードの種類を自動的に検出してピン定義を切り替えます．

PCIのサブセット
サブセットといっても，PCIで必須の信号線はすべて含んでいる．オプションの信号線の大部分が除かれているだけである．

DMAスレーブ・カードやZVポート対応カードはI/Oカードの一部のピン定義を変更したもので，それぞれの対応ソケットでなければ動作しません．DMA対応ソケット，ZVポート対応ソケットは従来のメモリ・カード，I/Oカードにも対応し，コンフィギュレーションによって動作モードを切り替えます．

②電源電圧の違いと電圧キー（表9-3）

カードの種類は電源電圧の違いでも分類されます．95年版では，3.3Vおよびそれ以下の電源電圧で動作するカードの仕様と，挿入されたカードに合わせて電源電圧を切り替える方法が規格化されました．

16ビットPCカードの電源電圧は5V，3.3V，*x.x*V（< 3.3V）のいずれか，CardBus PCカードの電源電圧は3.3V，*x.x*V（< 3.3V），*y.y*V（< *x.x*V）のいずれかで，複数の電源電圧に対応することもできます．ソケット側では5V，3.3V，*x.x*V，*y.y*Vの中から一つまたは複数を供給します．なお，*x.x*Vと*y.y*Vの具体的な値はまだ決まっていません．

3.3Vまたはそれ以下の電源電圧のカードを5V用ソケットに挿入すると，カードを壊す恐れがあります．そこで，5V用カードと5V用ソケットにはそれぞれ5Vキー，低電圧用カードと低電圧用ソケットにはそれぞれ**LVキー**をコネクタに装備して，LVキーをもつカードを5Vキーをもつソケットに挿入できないようにします．

LVキー
3.3Vカードと5Vカードでは，挿入部の切り欠きの寸法を変えてあり，3.3Vカードを5V用ソケットに挿入しようとしても途中で止まるようになっている．これを，LVキーと呼ぶ．

ただし，5Vキーをもつカードを LVキーをもつソケットに挿入することは可能です．なぜなら，たとえば5Vと3.3Vで動作するカードは，5Vキーをもつ5V用ソケットに挿入できるように5Vキーを装備しますが，さらにLVキーをもつ3.3V用ソケットにも挿入できなければならないためです．

〈表9-3〉電源電圧と電圧キー

	5Vキー・カード			LVキー・カード		
	5V	5V，3.3V	5V，3.3V，*x.x*V	3.3V	3.3V，*x.x*V	3.3V，*x.x*V，*y.y*V
5Vキー・ソケット	○	○	○	×	×	×
LVキー・ソケット	※	○	○	○	○	○

○：挿入可能かつ動作可能
×：挿入できないようにロック
※：5V対応ソケットは挿入可能かつ動作可能，5V非対応ソケットは挿入できても動作不可能

③カードのタイプ（図 9-2）

カードの種類は厚さの違いでも分類されます．PC カードの平面サイズはすべて共通ですが，カードの厚さは Type Ⅰ，Type Ⅱ，Type Ⅲの 3 種類が規定されています．もっとも薄い Type Ⅰは 3.3 mm，Type Ⅱは 5.0 mm，もっとも厚い Type Ⅲは 10.5 mm となっています．それぞれのタイプに合わせて，対応するソケットのサイズも規定されています．

いずれのタイプもコネクタ部の外形寸法は共通で互換性がありますが，薄いソケットに厚いカードは挿入できません．Type Ⅲのソケットには Type Ⅰ～Ⅲのカード，Type Ⅱのソケットには Type Ⅰ～Ⅱのカードが挿入できます．ノートブック・パソコンでは，Type Ⅱのソケットを 2 段に重ねて Type Ⅲのカードを 1 枚挿入できるようにした，**Type Ⅱ/Type Ⅲ両用のソケット**が多く用いられています．

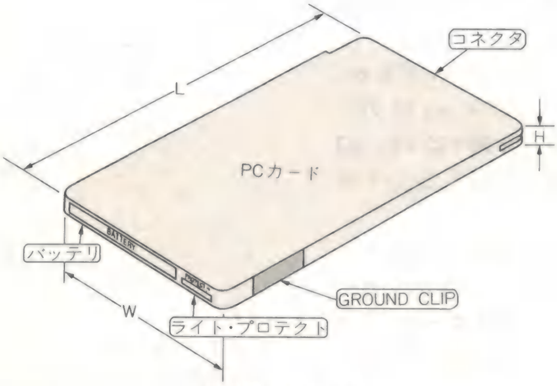
Type Ⅱ/Type Ⅲ両用のソケット
Type Ⅱ用のソケットを 2 段重ねて，間の仕切りを取り去ると，ちょうど Type Ⅲのカードが 1 枚入るだけの空間ができる．

カードの種類とタイプの関係はとくに決められておらず，必要に応じた厚さのものを作ることができます．かさばるメカ機構をもつハードディスク・カードでは Type Ⅲ，トランスや大容量コンデンサを内蔵するモデム・カードや LAN カードでは Type Ⅱを用いるのが一般的です．また，大容量のメモリ・カードも Type Ⅱを用います．Type Ⅰは，おもに小容量のメモリ・カードや簡単な I/O カードに用いられます．

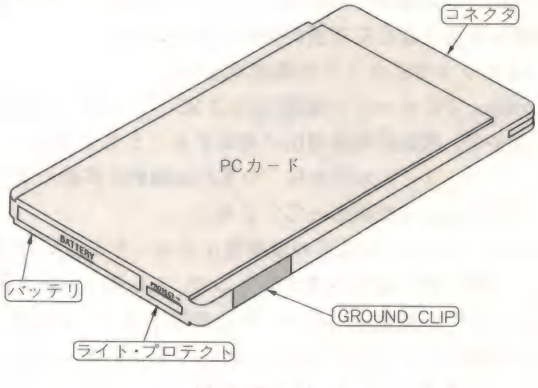
バッテリ・バックアップ
薄型のコイン型電池を PC カードに内蔵して，SRAM の内容が消えないようにするしくみ．

なお，Type Ⅰと Type Ⅱは**バッテリ・バックアップ**による不揮発 SRAM カードに利用するため，内蔵バッテリやライトプロテクト・スイッチの概略の位置が

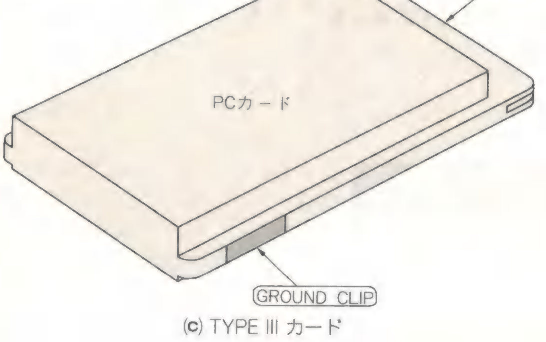
〈図 9-2〉カードのタイプ



(a) TYPE Ⅰ カード



(b) TYPE Ⅱ カード



(c) TYPE Ⅲ カード

	L(縦)	W(横)	H(厚さ)
TYPE Ⅰ	85.6	54.0	3.3
TYPE Ⅱ	85.6	54.0	5.0
TYPE Ⅲ	85.6	54.0	10.5

単位：mm

(d) サイズ

規定されています．

④カードの機能による分類

以上はPCカードのインターフェースの違いによる分類ですが，このほかにももちろん，カードに内蔵されている機能による分類があります．これらの情報は，CIS（カード属性情報）の中に記録されます．

メモリ・カードの場合は，デバイスIDとしてメモリ・デバイスの種類とアクセス時間が記録され，デバイス・サイズとしてメモリ容量が記録されます．デバイスの種類としてはマスクROM，OTPROM，UV-EPROM，EEPROM，フラッシュ・メモリ，SRAM，DRAMなどがあります．

また，カードの機能はファンクションIDとして記録されます．定義されている機能としてはマルチファンクション，メモリ，シリアル・ポート，パラレル・ポート，ハードディスク，グラフィック・アダプタ，ネットワーク・アダプタ，**AIMS**（Auto Incrementing Mass Storage），SCSI，セキュリティ，計測などがあります．

PCカードは，このほかにもさまざまな情報をCISの中に記録することが定められており，CISを読み出すことによってカードの属性を詳しく知ることができます．

⑤PCカードのコネクタ（図9-3）

JEIDA 4.0/PCMCIA 1.0以来，PCカードのコネクタは68ピン2列のツーピース・コネクタでほぼ統一されてきました．ソケット側がオス，カード側がメスです．誤挿入の防止のため，裏返しではピンが接続されないように極性キーが付けられています．さらに，万一裏返しに挿入してもカードの回路がダメージを受けないように，電源ピンとGNDピンは**対称の位置**に配置されています．

また，PCカードのソケットは，パソコンの動作中にカードを抜き差しできるホットプラグの機能と，カードの抜き差しを自動的に検出してホストCPUに報告するカードの自動検出の機能をもっています．そのため，2本のカード検出ピン（CD1#，CD2#）を備えるとともに，ソケット側のピンの長さを3段階に変えてあります．

ピンは電源ピンがもっとも長く，次が信号ピンで，検出ピンがもっとも短くなっています．カード挿入の際には信号ピンより先に電源ピンが接続されるので，システムの動作中にカードを抜き差ししてもカードを壊すことはありません．また，電源ピンと信号ピンが接続されてカードが動作可能になってから，最後に検出ピンが接続されます．ソケット側のコントローラは検出ピンの接続や切断を監視して，ホストCPUに割り込みをかけてカードの挿入や取り外しを報告します．

電圧キーや厚さの違いによって物理的に挿入できない場合を除けば，すべてのPCカードはすべてのソケットのコネクタに接続できます．コネクタの種類で迷うことがないのはPCカードの大きな利点です．しかし，PCカードの68ピンというのはISAの98ピン，PCIの124ピンとくらべてピン数が少なすぎて，いろいろな応用で制約を受けます．これは，JEIDAで仕様の検討を始めた初期の段階にパソコン・メーカの意見が十分に反映されなかったためで，PCカードの規格の最大の欠点と考えられています．

たとえば，I/Oカードは割り込みが1チャネルしかなく，DMA要求やバス要求に対応していない欠点がありました．このため，カード上に複数の割り込み源があるときは，1本の割り込みピンを共用するためオーバヘッドが大きくなりま

AIMS

メモリ・カードに大量のデータを書き込んで保存するためのフォーマットの一つ．

通常のメモリ・カードはCPUからメモリ・アドレスを指定して読み出し/書き込みを行う．すなわち，パソコン側から見ればメモリ空間の一部である．メモリ空間の割り付けはシステムによって大きく異なるので，外部記憶装置として用いるには不便．

メモリ・カードにATAコントローラを搭載して，パソコン側からはATAハードディスクと同様に読み出し/書き込みができるものがATAカード．ATAハードディスクはOSレベルでサポートされているから，特別のドライバも必要なく，もっとも簡単に使うことができる．そのかわり，ATAコントローラを搭載する分だけPCカードのコストが高くなる．

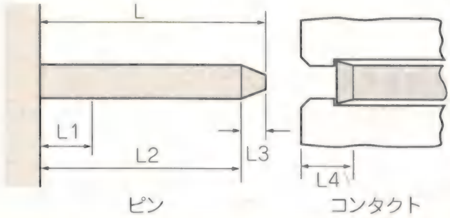
AIMSはPCカードのコストを抑えるため，ATAよりも単純なフォーマットを採用しており，簡単なコントローラで実現できる．

対称の位置に

カードを裏返しに挿入しても，ソケットの電源ピンにはカードの電源ピンが，ソケットのGNDピンにはカードのGNDピンが接続されるように，電源ピンとGNDピンの位置が決められている．

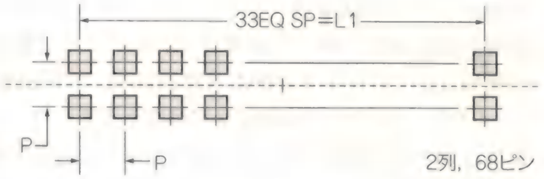
ほとんどのICは，電源とGNDを誤って逆に接続すると確実に壊れる．しかし，電源とGNDが正しく接続されていれば，入出力ピンを間違えて接続しても壊れる確率はかなり低くなる．

〈図 9-3〉 PC カードのコネクタ

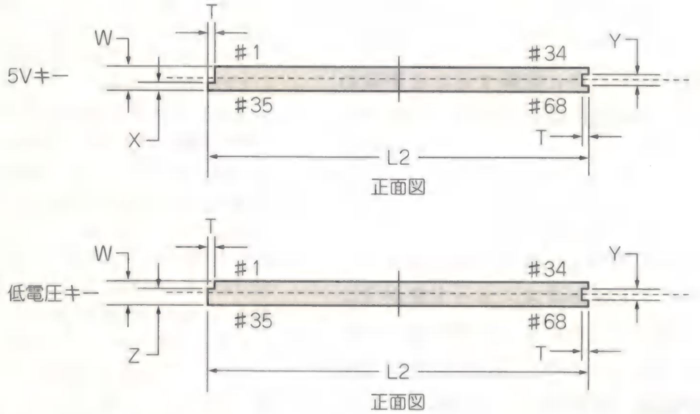


	L±0.10	L1MAX	L2 REF	L3±0.10	L4
電源ピン	5.00	0.50	4.50	0.50	0.50〜2.50
信号ピン	4.25	0.50	3.75	0.50	0.50〜2.50
検出ピン	3.50	0.50	3.00	0.50	0.50〜2.50

(a) ピンおよびコンタクトの形状



(b) ピンおよびコンタクトの配置



L1±0.15	L2±0.08	P±0.10	T±0.05	W±0.08	X±0.05	Y±0.05	Z±0.05
41.91	54.20	1.27	0.90	3.50	1.20	1.40	2.30

(c) コネクタの寸法

す．また，DMA 要求機能は 95 年版で拡張されましたが，バス要求機能はないため，**バス・マスタ転送**はできません．

バス・マスタ転送
バスに対してアドレス，リード信号，ライト信号などを出力して，能動的にデータ入出力を行う機能．

また，I/O カード，CardBus，DMA，ZV ポートなどの仕様の拡張にあたって，ピン数に余裕がないため，機能を削ったり，従来使用していたピンの定義を大幅に変更しなければなりませんでした．

⑥信号線定義（表 9-4）

メモリ・カードと I/O カードの信号線の定義を示します．CardBus については p. 104，ZV ポートについては p. 167 を参照してください．

PC カードは 16 ビットのデータ・バス D[15::0]と 26 ビットのアドレス・バス A[25::0]をもちます．データ・バスは 16 ビット幅，8 ビット幅のいずれでもアクセスできます．アドレス空間は 64 M バイトと広く，これまではとくに問題にはなりませんでしたが，そろそろアドレス空間を使いきるアプリケーションもでてきました．信号線の構成は一般的なもので，どのような CPU でも使いやすくできています．なお，信号名の後の # は負論理を示します．

メモリ・カードと I/O カードの信号線は大部分が共通ですが，一部に違いがあ

〈表 9-4〉PC カードの信号線

ピン番号	信号名 メモリ・カード	信号名 I/Oカード	方向	ピン長さ	機能	備考
1	GND	←	DC	long	グラウンド	
2	D3	←	i/o		データ・バス	
3	D4	←	i/o		データ・バス	
4	D5	←	i/o		データ・バス	
5	D6	←	i/o		データ・バス	
6	D7	←	i/o		データ・バス	
7	CE1#	←	in		カード・イネーブル	
8	A10	←	in		アドレス・バス	
9	OE#	←	in		アウトプット・イネーブル	
10	A11	←	in		アドレス・バス	
11	A9	←	in		アドレス・バス	
12	A8	←	in		アドレス・バス	
13	A13	←	in		アドレス・バス	
14	A14	←	in		アドレス・バス	
15	WE#	←	in		ライト・イネーブル	
16	READY	IREQ#	out		レディ/割り込み要求	
17	Vcc	←	DCin	long	電源	
18	Vpp1	←	DCin		プログラミング電源	I/Oカードではプログラミング電源&ペリフェラル電源
19	A16	←	in		アドレス・バス	
20	A15	←	in		アドレス・バス	
21	A12	←	in		アドレス・バス	
22	A7	←	in		アドレス・バス	
23	A6	←	in		アドレス・バス	
24	A5	←	in		アドレス・バス	
25	A4	←	in		アドレス・バス	
26	A3	←	in		アドレス・バス	
27	A2	←	in		アドレス・バス	
28	A1	←	in		アドレス・バス	
29	A0	←	in		アドレス・バス	
30	D0	←	i/o		データ・バス	
31	D1	←	i/o		データ・バス	
32	D2	←	i/o		データ・バス	
33	WP	IOIS16#	out		ライト・プロテクト/16ビットI/Oポート	
34	GND	←	DC	long	グラウンド	
35	GND	←	DC	long	グラウンド	
36	CD1#	←	out	short	カード検出	
37	D11	←	i/o		データ・バス	
38	D12	←	i/o		データ・バス	
39	D13	←	i/o		データ・バス	
40	D14	←	i/o		データ・バス	
41	D15	←	i/o		データ・バス	
42	CE2#	←	in		カード・イネーブル	
43	VS1#	←	out		電圧検出	JEIDA 4.2/PCMCIA 2.1まではRFSH
44	RFU	IORD#	nc(RFU), in		予約/I/Oリード	
45	RFU	IOWR#	nc(RFU), in		予約/I/Oライト	
46	A17	←	in		アドレス・バス	
47	A18	←	in		アドレス・バス	
48	A19	←	in		アドレス・バス	
49	A20	←	in		アドレス・バス	
50	A21	←	in		アドレス・バス	
51	Vcc	←	DCin	long	電源	
52	Vpp2	←	DCin		プログラミング電源	I/Oカードではプログラミング電源&ペリフェラル電源
53	A22	←	in		アドレス・バス	
54	A23	←	in		アドレス・バス	
55	A24	←	in		アドレス・バス	
56	A25	←	in		アドレス・バス	
57	VS2#	←	out		電圧検出	JEIDA 4.2/PCMCIA 2.1まではRFU（予約）
58	RESET	←	in		リセット	JEIDA 4.0/PCMCIA 1.0まではRFU（予約）
59	WAIT#	←	out		ウェイト	JEIDA 4.0/PCMCIA 1.0まではRFU（予約）
60	RFU	INPACK#	nc(RFU), out		予約/入力ポート・アクノリッジ	
61	REG#	←	in		レジスタ・セレクト	I/Oカードではレジスタ・セレクト&I/Oイネーブル
62	BVD2	SPKR#	out		バッテリ電圧検出/オーディオ出力	
63	BVD1	STSCHG#	out		バッテリ電圧検出/ステータス変化	
64	D8	←	i/o		データ・バス	
65	D9	←	i/o		データ・バス	
66	D10	←	i/o		データ・バス	
67	CD2#	←	out	short	カード検出	
68	GND	←	DC	long	グラウンド	

信号名の後の#は負論理を示す
RFUは予約ピン(内部接続は禁止)
信号の方向
- in　：カードへの入力
- out　：カードからの出力
- i/o　：双方向
- nc　：無接続
- DC　：直流(方向なし)
- DCin：直流(カードへの入力)

ピンの長さ
- short：3.50mm
- 無印：4.25mm
- long：5.00mm

〈表 9-5〉カードの種類と電源電圧の検出

CD2#/CCD2# 67ピン	CD1/CCD1# 36ピン	VS2#/CVS2 57ピン	VS1#/CVS1 43ピン	電圧キー	カードの種類	電源電圧	備考
GND	GND	オープン	オープン	5Vキー	16ビット	5V	①
GND	GND	オープン	GND	5Vキー	16ビット	5V/3.3V	
GND	GND	GND	GND	5Vキー	16ビット	5V/3.3V/x.xV	
GND	GND	オープン	GND	LVキー	16ビット	3.3V	
GND	GND	GND	GND	LVキー	16ビット	3.3V/x.xV	
GND	GND	GND	オープン	LVキー	16ビット	x.xV	
GND	CVS1	オープン	CCD1#	LVキー	CardBus	3.3V	
CVS2	GND	CCD2#	GND	LVキー	CardBus	3.3V/x.xV	
CVS1	GND	GND	CCD2#	LVキー	CardBus	3.3V/x.xV/y.yV	
CVS2	GND	CCD2#	オープン	LVキー	CardBus	x.xV	
GND	CVS2	CCD1#	オープン	LVキー	CardBus	x.xV/y.yV	
CVS1	GND	オープン	CCD2#	LVキー	CardBus	y.yV	

CDx#は16ビットPCカードの信号名，CCDx#はCardBus PCカードの信号名，同じピンだが名前が変わる
VSx#は16ビットPCカードの信号名，CVSxはCardBus PCカードの信号名，同じピンだが名前が変わる
①：JEIDA 4.2/PCMCIA 2.0までのカードはすべてこのタイプと判定される（57ピンはnc，43ピンはin）

ります．カードを挿入した直後には，ソケットはメモリ・カードのピン定義で動作します．コンフィギュレーションによって挿入されたカードがI/Oカードであることを検出したら，ピン定義をI/Oカードに切り替えます．

I/Oカードで追加されたピンとしては，IRQ#（割り込み要求），IOIS16#（16ビットI/Oポート），IORD#（I/Oリード），IOWR#（I/Oライト），INPACK#（入力ポート・アクノリッジ），SPKR#（オーディオ出力），STSCHG#（ステータス変化）などがあります．これらを追加するのに，メモリ・カードで未使用となっていたRFU（予約ピン）だけでは足りないため，メモリ・カードでREADY（レディ），WP（ライト・プロテクト），BVD[2::1]（バッテリ電圧検出）として使用していた4本のピンをI/Oカードでは別の用途に利用しています．また，Vpp[2::1]（プログラミング電源）とREG#（レジスタ・セレクト）の3本はメモリ・カードとI/Oカードの両方にありますが，使い方は多少変化しています．

なお，RESET（リセット）とWAIT（ウェイト）の2本はJEIDA 4.1/PCMCIA 2.0で追加されたピンであり，それ以前はRFU（予約ピン）となっていました．また，VS[2::1]#（電圧検出）の2本は95年版から追加されたピンであり，それ以前はVS1#はRFSH（リフレッシュ），VS2#はRFU（予約ピン）となっていました．RFSHはDRAMカードのリフレッシュに用いられていた信号ですが，95年版以降のソケットではリフレッシュ信号を出力しないため，DRAMカード側でセルフ・**リフレッシュ**を行う必要があります．

VS[2::1]#はカードの種類や電源電圧を識別するためのピンです．JEIDA 4.2/PCMCIA 2.1以前のソケットはこのピンや電源電圧のキーをもたないため，新しい低電圧動作のカードを挿入してもカードを認識できなかったり，カードを壊す恐れがあります．

リフレッシュ

DRAMに記憶されたデータは，ときどき読み出して再書き込みを行わないと消えてしまう．これをDRAMのリフレシッシュと呼び，昔はCPUやDRAMコントローラが定期的にDRAMのリード/ライトを行わなければならないなど，DRAMを用いるときにもっとも面倒な問題とされていた．

現在でもDRAMはリフレッシが必要だが，外部からの信号なしにDRAM LSI自身がリフレッシュを行うセルフ・リフレッシュが一般的になってきた．そのため，PCカードでも最近はリフレッシュのための信号ピンが省略されている．

⑦カードの種類と電源電圧の検出（表9-5）

95年版以降のカードとソケットでは，CD[2::1]#（カード検出），VS[2::1]#（電圧検出）の4本のピンを使って，挿入されたカードの種類（16ビットかCardBusか）と電源電圧を自動的に検出します．

挿入されたカードが16ビットPCカードなら，ソケットはメモリ・カードのピン定義でカードに対して動作します．また，挿入されたカードがCardBus PC

カードなら，ソケットはCardBusのピン定義でカードに対して動作します．ただし，CardBus対応でないソケットにCardBus PCカードを挿入した場合には，ソケットは「対応していない種類のカードが挿入された」または「カードが正しく挿入されていない」ことをホストCPUに報告して，カードに対しては何の動作も行いません．規格ではこれを，婉曲な拒絶（Graceful Rejection）と呼んでいます．

また，ソケットは挿入されたカードの電源電圧を検出したら，それに合わせて供給する電源電圧を切り替えることができます．ただし，ソケットは複数の電源電圧に対応する必要はなく，カードに合わせて電源電圧を切り替える機能はもたなくてかまいません．

⑧ DMA要求機能の拡張（図9-4）

PCカードはもともと**DMA要求**に必要なピンをもたないため，ホスト上のDMAコントローラにDMA転送を要求できません．また，バス要求に必要なピンをもたないため，カード上にDMAコントローラをおいてバス・マスタとしてDMA転送を行うこともできません．

95年版ではI/Oカードの拡張として，DREQ#（DMA要求），DACK（DMAアクノリッジ），TC#（ターミナル・カウント）などのピンが定義されました．これによって，ホスト上のDMAコントローラを用いて，I/Oカード上のI/Oデバイスとホスト上のメモリとの間でDMA転送を実行できるようになりました．ただし，カードとソケットの両方がこの拡張機能に対応していることが必要です．

I/Oカードはすでに68ピンをすべて使い切っているため，DMA拡張モードではDMA転送を行うときだけ一部のピンの定義を変更します．DREQ#にはSPKR#，INPACK#，IOIS16#の中からどれか一つを選んで使うことができます．DACKにはREG#を使います．TC#には，DMAリード（I/Oからホスト・メモリへの転送）ではWE#，DMAライト（ホスト・メモリからI/Oへの転送）ではOE#を使います．

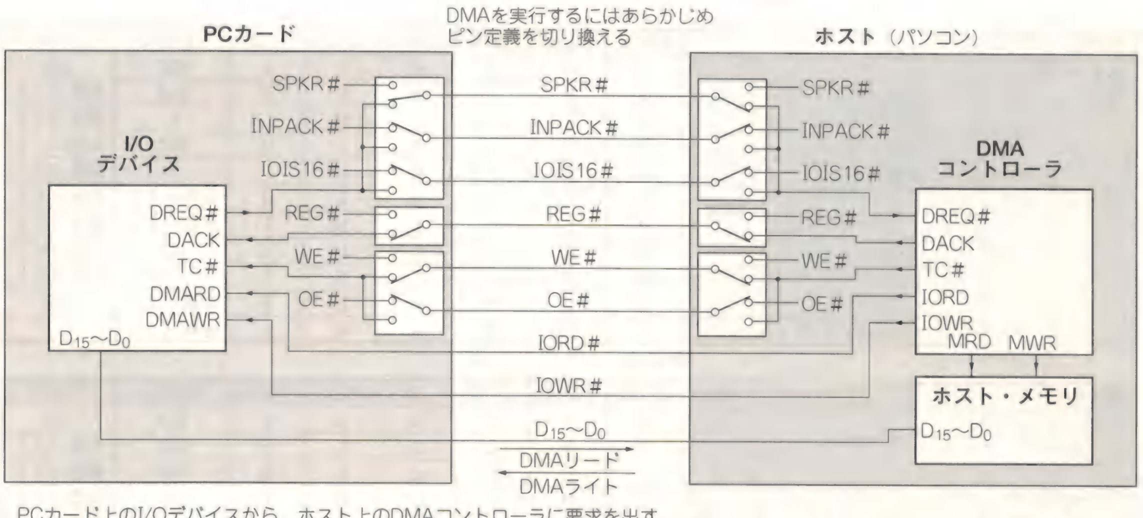
DMA要求

I/Oコントローラなどの周辺LSIが外部からデータを受信した場合には，それをメモリに転送して次のデータ受信のために受信バッファを空ける必要がある．また，送信バッファに書き込まれたデータを外部に送信してしまった場合は，次のデータをメモリから転送してもらう必要がある．

I/Oコントローラ自身が直接メモリにアクセスしてデータを転送することはできないので，CPUに割り込み要求を出してデータを転送してもらうか，DMAコントローラにDMA要求を出してデータを転送してもらうか，どちらかの方法をとることになる．

95年版より前の規格では，DMA要求用のピンをもたないため，CPUに割り込み要求を出すのが唯一の方法だった．

〈図9-4〉DMA要求



PCカード上のI/Oデバイスから，ホスト上のDMAコントローラに要求を出す．
I/Oデバイスからホスト・メモリへのデータ転送（DMAリード），ホスト・メモリからI/Oデバイスへのデータ転送（DMAライト）ができる．

このように，95年版で拡張されたDMA機能は，ホスト側にDMA転送を要求するスレーブ機能だけです．バス・マスタ機能はありません．また，DMA機能が拡張されたのはI/Oカードだけです．メモリ・カードはDMAを要求できません．

なお，CardBusはPCIのアービトレーション機能とバス・マスタ，バス・スレーブの機能をサポートしているため，このようなDMA機能の拡張は必要ありません．

⑨メモリ空間のアクセス（表9-6）

メモリ・カードとI/Oカードはともにメモリ空間をもちます．メモリ空間には，ホストCPUから自由にアクセスできる通常のメモリ空間であるコモン・メモリと，コンフィギュレーションにだけ使用される特別のメモリである**アトリビュート・メモリ**があります．

アトリビュート・メモリ

アトリビュート（attribute）は属性という意味．カードの属性を保存するための専用メモリということ．

したがって，アトリビュート・メモリの部分に勝手にデータを書き込むことはできない．

コモン・メモリをアクセスするには，CE[2:1]#（チップ・イネーブル）とOE#（アウトプット・イネーブル），WE#（ライト・イネーブル）を用います．データ・バスは16ビット幅ですが，8ビット・アクセスもできます．CE1#は下位バイト・イネーブル，CE#2は上位バイト・イネーブルの働きをもちます．

CE1#=L，CE#2=Hのときは下位バイトのアクセスです．データ・バスの下位8ビット（D[7::0]）に，偶数アドレス（A0=0）または奇数アドレス（A0=1）の1バイトのデータが出力されます．CE1#=CE#2=Lのときは16ビット・アクセスです．データ・バスの16ビット（D[0::15]）に2バイトのデータが出力されます．CE1#=H，CE#2=Lは上位バイトのアクセスです，データ・バスの上位8ビット（D[15::8]）に奇数アドレスの1バイトのデータが出力されます．

アトリビュート・メモリをアクセスするには，REG#（レジスタ・セレクト）とOE#（アウトプット・イネーブル），WE#（ライト・イネーブル）を用います．アトリビュート・メモリは8ビット幅で，データ・バスの下位バイト側に割り付けられます．したがって，CE1#=A0=LまたはCE1#=CE2#=Lとしてアクセスしなければなりません．

〈表9-6〉メモリ空間のアクセス（16ビットPCカード）

動作モード		REG#	CE2#	CE1#	A0	OE#	WE#	D[15::8]	D[7::0]
スタンバイ		x	H	H	x	x	x	HiZ	HiZ
8ビット・バス	偶数アドレス・リード	H	H	L	L	L	H	HiZ	偶数バイト
	偶数アドレス・ライト	H	H	L	L	H	L	×	偶数バイト
	奇数アドレス・リード	H	H	L	H	L	H	HiZ	奇数バイト
	奇数アドレス・ライト	H	H	L	H	H	L	×	奇数バイト
16ビット・バス	2バイト・リード	H	L	L	x	L	H	奇数バイト	偶数バイト
	2バイト・ライト	H	L	L	x	H	L	奇数バイト	偶数バイト
	下位バイト・リード	H	H	L	L	L	H	HiZ	偶数バイト
	下位バイト・ライト	H	H	L	L	H	L	×	偶数バイト
	上位バイト・リード	H	L	H	x	L	H	奇数バイト	HiZ
	上位バイト・ライト	H	L	H	x	H	L	奇数バイト	×

(a) コモン・メモリのアクセス

動作モード	REG#	CE2#	CE1#	A0	OE#	WE#	D[15::8]	D[7::0]
スタンバイ	x	H	H	x	x	x	HiZ	HiZ
リード	L	H	L	L	L	H	HiZ	偶数バイト
	L	L	L	x	L	H	不定	偶数バイト
ライト	L	H	L	L	H	L	×	偶数バイト
	L	L	L	x	H	L	×	偶数バイト

(b) アトリビュート・メモリのアクセス

アトリビュート・メモリはタプルと呼ばれるカードのコンフィギュレーション・データを保持するために，メモリ・カードにもI/Oカードにもかならず実装しなければなりません．タプルの集合体がCISです．

I/Oカードにはコモン・メモリは実装しなくてもかまいません．メモリ・カードにはコモン・メモリとアトリビュート・メモリの両方を実装します．このとき，コモン・メモリとアトリビュート・メモリをまったく別のメモリとして実装することもできますし，コモン・メモリの一部をアトリビュート・メモリとして利用することもできます．

⑩ I/O空間のアクセス（表9-7）

I/O空間をアクセスするには，REG#（レジスタ・セレクト），CE[2:1]#（チップ・イネーブル）とIORD#（I/Oリード），IOWR#（I/Oライト）を用います．コモン・メモリと同様に，CE1#（下位バイト・イネーブル），CE#2（上位バイト・イネーブル）を用いて16ビット・アクセスと8ビット・アクセスを切り替えられます．また，16ビット・アクセスに対応しているI/Oカードは，16ビット・アクセスが可能なことをホストCPUに通知するために，IOIS16#ピンをLにすることが必要です．

I/O空間のアクセス時には，REG#はI/Oアクセス・イネーブルとして用いられます．REG#=Hの場合はI/Oアクセスは禁止されます．

⑪電気的仕様（表9-8）

5Vカードの信号電圧はTTLレベル（JEDEC 7），3.3Vカードの信号電圧は**LV-TTL**レベル（JEDEC 8-1A）に従っています．

メモリやI/Oの入出力タイミングはいくつかの速度ランクに分けられています．サイクル時間100nsがもっとも高速で，20Mバイト/sの転送速度となります．PCカードはISAと同じ16ビット・バスですが，ISAよりも高速が得られます．

LV-TTLレベル

3.3V電源動作のCMOS ICのロジック・レベルとして定められたもの．信号電圧は従来のTTLレベルとほぼ同じであり，相互に接続可能．

LV-TTLといっても，TTL ICを低電圧で動作させるわけではない．

⑫ CISとタプル（図9-5）

PCカードでは，コンフィギュレーション・データとしてタプルと呼ばれる多数のデータをカードのアトリビュート・メモリに記録しています．デバイスIDやファンクションIDもタプルの中に記録されます．タプルの集合体をCIS（カ

〈表9-7〉I/O空間のアクセス（16ビットPCカード）

動作モード		REG#	CE2#	CE1#	A0	IORD#	IOWR#	D[15::8]	D[7::0]
スタンバイ		x	H	H	x	x	x	HiZ	HiZ
8ビット・バス	偶数アドレス・リード	L	H	L	L	L	H	HiZ	偶数バイト
	偶数アドレス・ライト	L	H	L	L	H	L	×	偶数バイト
	奇数アドレス・リード	L	H	L	H	L	H	HiZ	奇数バイト
	奇数アドレス・ライト	L	H	L	H	H	L	×	奇数バイト
16ビット・バス	2バイト・リード	L	L	L	x	L	H	奇数バイト	偶数バイト
	2バイト・ライト	L	L	L	x	H	L	奇数バイト	偶数バイト
	下位バイト・リード	L	H	L	L	L	H	HiZ	偶数バイト
	下位バイト・ライト	L	H	L	L	H	L	×	偶数バイト
	上位バイト・リード	L	L	H	x	L	H	奇数バイト	HiZ
	上位バイト・ライト	L	L	H	x	H	L	奇数バイト	×
I/O禁止	(DMA期間など)	H	x	x	x	x	x	HiZ	HiZ

ード属性情報）と呼んでいます．

一つのタプルは複数バイトから構成され，バイト0がタプルの名前（TPL_CODE），バイト1が次に参照するタプルのポインタ（TPL_LINK），バイト2以降がタプルの内容です．タプルの内容はタプルによって異なり，たとえばファンクションIDのタプルなら，バイト2がファンクションID（TPLFID_FUNCTION），バイト3がシステム・イニシャライズ・ビット（TPLFID_SYSINIT）となっています．

それぞれのタプルはアトリビュート・メモリ上の任意の場所に置くことができます．最初のタプルはアトリビュート・メモリの0番地に置かれ，ポインタによって次のタプルのアドレスが決まるので，順番に読み出すことができます．次のタプルのアドレスとしてコモン・メモリを指定すれば，コモン・メモリにタプルを置くこともできます．

実際のシステムでは，タプルの読み出しはカード・サービスによって実行されるので，アプリケーションから直接アトリビュート・メモリを操作する必要はありません．

〈表9-8〉PCカードの電気的仕様

■DC仕様

		5Vカード（V_{cc}=5V±5%）		3.3Vカード（V_{cc}=3～3.6V）		単位
		min	max	min	max	
入力電圧	V_{IH}	2.4	V_{cc}+0.25	2	V_{cc}+0.3	V
	V_{IL}	0	0.8	−0.3	0.8	V
出力電圧	V_{OH}	2.8	V_{cc}	2.4	−	V
	V_{OL}	0	0.5	−	0.4	V

■AC仕様（コモン・メモリ・モード）

		600 ns（3.3 Vのみ）		250 ns		200 ns		150 ns		100 ns		単位
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
リード・サイクル時間	t_{RC}	600	−	250	−	200	−	150	−	100	−	ns
アドレス・アクセス時間	t_{aA}	−	600	−	250	−	200	−	150	−	100	ns
CEアクセス時間	t_{aCE}	−	600	−	250	−	200	−	150	−	100	ns
OEアクセス時間	t_{aOE}	−	300	−	125	−	100	−	75	−	50	ns

■AC仕様（アトリビュート・メモリ・モード）

		600 ns（3.3 Vのみ）		300 ns（5 Vのみ）		単位
		min	max	min	max	
リード・サイクル時間	t_{RC}	600	−	300	−	ns
アドレス・アクセス時間	t_{aA}	−	600	−	300	ns
CEアクセス時間	t_{aCE}	−	600	−	300	ns
OEアクセス時間	t_{aOE}	−	300	−	150	ns

■AC仕様（コモン／アトリビュート・メモリ・ライト）

		600 ns（3.3 Vのみ）		250 ns		200 ns		150 ns		100 ns		単位
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
ライト・サイクル時間	t_{WR}	600	−	250	−	200	−	150	−	100	−	ns
WEパルス幅	t_{wWE}	300	−	150	−	120	−	80	−	60	−	ns

■AC仕様（I/Oリード）

		min	max	単位
データ・ディレイ時間	t_{dIOD}	−	100	ns
データ・ホールド時間	t_{hIOD}	0	−	ns
IORDパルス幅	t_{wIOD}	165	−	ns

■AC仕様（I/Oリード）

		min	max	単位
データ・セットアップ時間	t_{suIOWR}	60	−	ns
データ・ホールド時間	t_{hIOWR}	30	−	ns
IOWRパルス幅	t_{wIOWR}	165	−	ns

⑬システム構成とAPI (図9-6)

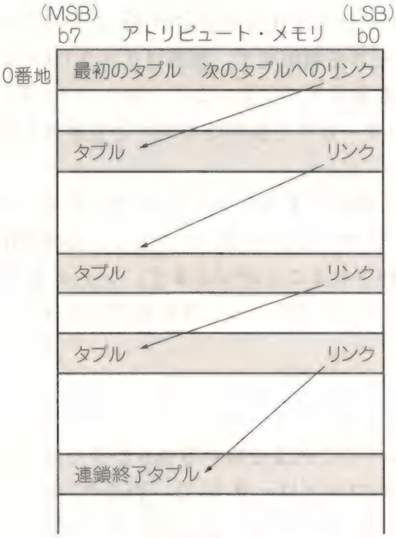
PCカードはカードとソケットのほかに，**ソケット・サービスやカード・サービス**などのAPI (アプリケーション・プログラミング・インターフェース) のソフトウェアも含んだシステムとなっています．APIによって機種間のハードウェア的な違いを吸収することによって，アプリケーションやOSに対して統一されたサービスを提供できます．CardBus，DMA，ZVポートなどの仕様拡張は，単

ソケット・サービスやカード・サービス

Phoenix社，SystemSoft社などいくつかのメーカから，ソケット・サービスとカード・サービスのドライバが供給されており，ほとんどのノートブック・パソコンはそれらを搭載している．

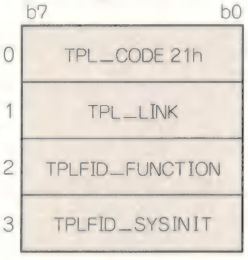
ソケット・サービスの部分はPCMCIAコントローラLSIによって変わるため，各社のコントローラLSIに合わせてカスタマイズされたものが供給されている．

〈図9-5〉CISとタプル



・CISは，アトリビュート・メモリ上に書き込まれた複数のタプルの集合体
・各タプルには，カードの属性情報が記載されている
・各タプルには，次のタプルへのリンクが書いてあり，タプルを順次読み出せる

(a) CIS(Card Information Structure)

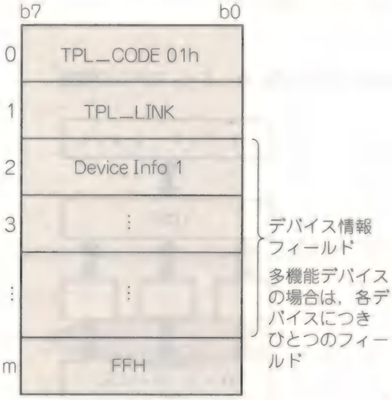


CISTPL_FUNCID

ファンクションIDタプル
タプル・コード=21h

TPLFID_FUNCTION

00h	マルチ・ファンクション
01h	メモリ
02h	シリアル・ポート
03h	パラレル・ポート
04h	固定ディスク
05h	ビデオ・アダプタ
06h	ネットワーク・アダプタ
07h	AIMS
08h	SCSI
09h	セキュリティ
0Ah	計測
0Bh~FDh	予約
FEh	ベンダ定義
FFh	無効



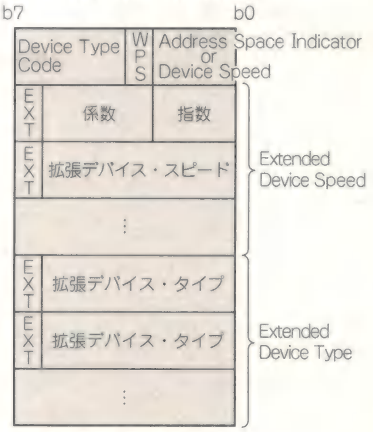
CISTPL_DEVICE

5Vデバイス情報タプル
タプル・コード 01h

Device Type Code

00h	ヌル・デバイス	08h~0Ch	予約
01h	マスクROM	0Dh	特殊メモリ
02h	ワンタイムPROM	0Eh	拡張デバイス・タイプ
03h	UV-EPROM	0Fh	予約
04h	EEPROM		
05h	フラッシュ・メモリ		
06h	SRAM		
07h	DRAM		

デバイス情報フィールドの構成



Device Speed Code

00h	ヌル (ヌル・デバイスに対応)
01h	250μs
02h	200μs
03h	150μs
04h	100μs
05h~06h	予約
07h	拡張デバイス・スピード

・各タプルは，1バイト目がタプル・コード，2バイト目が次のタプルへのリンク，3バイト目以降が各タプルの情報となる

(b) タプルの例

カード・サービスのクライアント
カード・サービスやソケット・サービスの仕様は，一種のクライアント-サーバ・システムとして作られている．すなわち，上位の階層がクライアントとして下位の階層に要求を出し，下位の階層がサービスを提供するようになっている．
ソケット・サービスから見れば，カード・サービスがクライアントとなる．カード・サービスから見れば，アプリケーションごとのドライバがクライアントとなる．ここでアプリケーションごとというのは，いわゆるアプリケーション・ソフトではなく，PC カードの種類による違いである．
アプリケーションごとのドライバをカード・サービス・クライアント・ドライバと呼ぶ．このクライアント・ドライバは，ソケット・サービスやカード・サービスとともに提供されているドライバもあれば，アプリケーション側で用意されるものもある．
SRAM カードなどのメモリ・カードは標準のドライバで動作するので，PC カード製品にもとくにドライバは添付されないし，ユーザがドライバを組み込む必要もない．
標準のドライバで動作しない PC カードの場合は，メーカ側でカード・サービス・クライアント・ドライバを作成し，PC カード製品に添付することになる．

にハードウェア仕様の定義だけではなく，それに対応する API の仕様も拡張されています．

API のサービスは，上位層のカード・サービス (CS) と下位層のソケット・サービス (SS) に分けられています．ソケット・サービスはソケットのコントローラ IC を直接コントロールする部分で，コントローラ IC やホストのアーキテクチャに依存します．ハードウェア依存の部分をソケット・サービスにまとめることにより，カード・サービスはハードウェアと無関係にソケット・サービスを利用できます．カード・サービスはリソースを管理するとともに，アプリケーションのドライバ (**カード・サービスのクライアント**) にサービスを提供します．

ソケット・サービスにくらべてカード・サービスの仕様の決定が遅れたため，古い PC カードのドライバにはカード・サービスを利用せず，直接ソケット・サービスを呼び出すものがあります．しかし，本来はアプリケーションはカード・サービスだけを利用すべきであり，ソケット・サービスを直接呼び出すと互換性が失われるなどの問題を生じます．

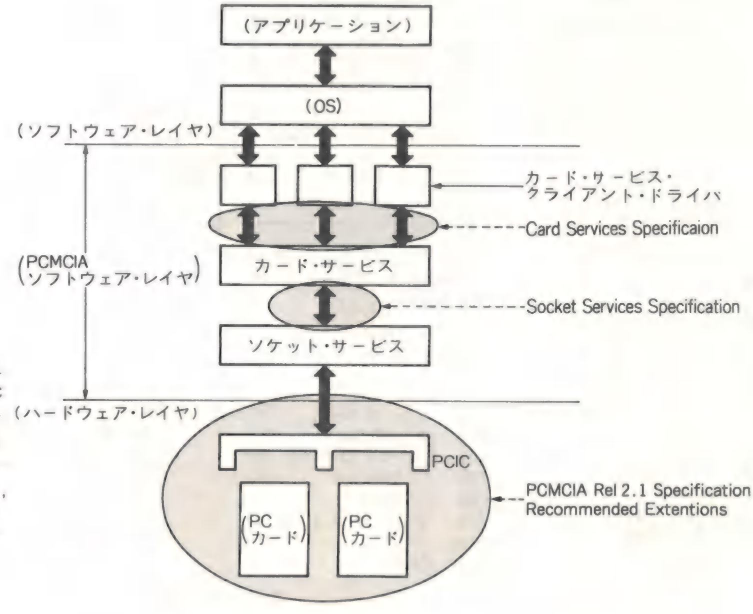
既存システム用の PC カードを開発する場合，すでにソケット・サービスとカード・サービスが利用可能ですから，カード・サービスのファンクションを呼び出すドライバを作成すれば PC カードを動作させることができます．ソケット・サービスの仕様やコントローラ IC の仕様についてはほとんど知る必要はありません．

⑭コントローラ IC の例 (図 9-7)

最近はノートブック・パソコンでも内部バスに PCI を用いる場合が多くなりました．その場合は，PC カード・ソケットのコントローラ IC は，PCI-PC カードのブリッジとしての働きをもちます．ノートブック・パソコン用のコントローラ IC は，大部分が 2 スロット対応になっています．

そのほかにも，ISA 接続のコントローラ IC や CPU バスに直接接続されるコ

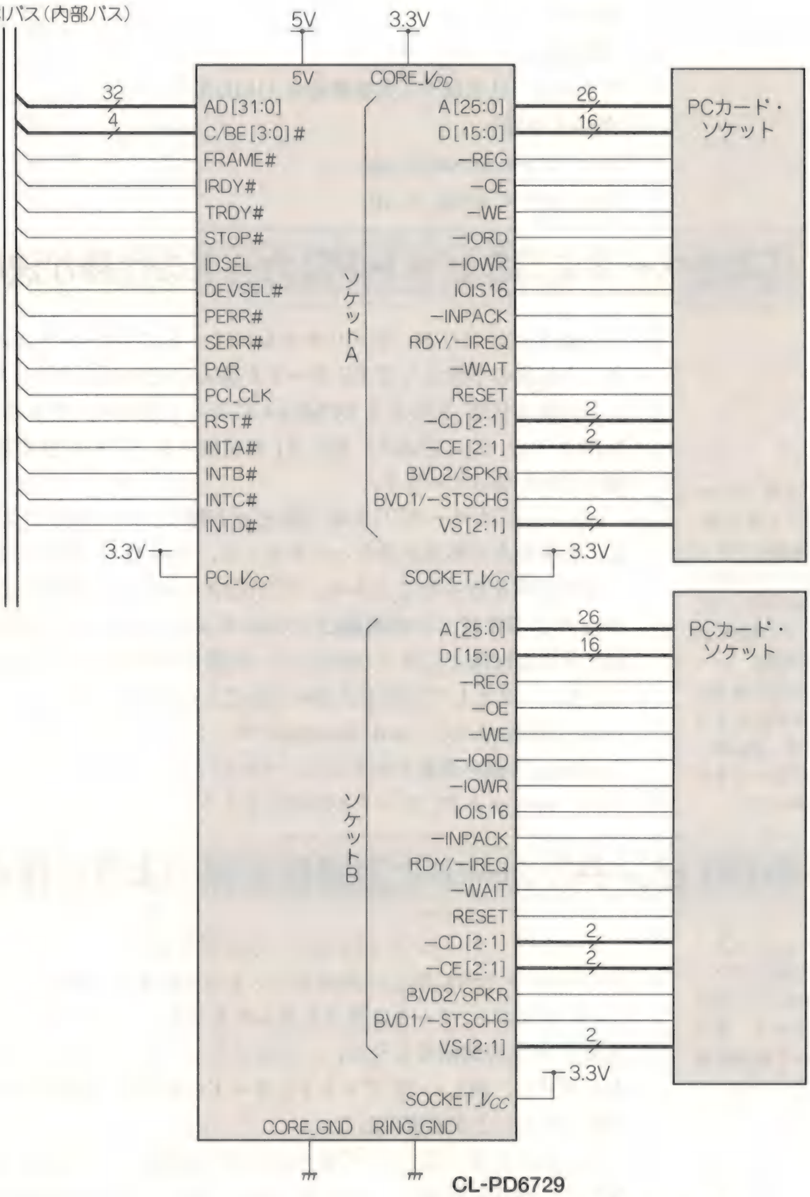
〈図 9-6〉 PCMCIA Rel. 2.1 と PC カード・システムの関係



注：PCMCIA ソフトウェアは，おもに次の三つの「レイヤ」から構成される．つまり，PCIC を中心としたハードに依存し PCIC に指示を出す**ソケット・サービス**(**SS** と略)，SS に依存し，本体側が使用しているシステム・リソースを管理する**カード・サービス**(**CS** と略)，CS を使用し PC カードにアクセスする**クライアント・ドライバ**の三つである(クライアント・ドライバについては複数存在する)．
PCIC は PCMCIA コントローラの略記．

ントローラ IC が出回っており，必要に応じて選べます．

〈図 9-7〉コントローラ IC の例



CL-PD6729
PCI-PCMCIAホスト・アダプタ

PCI 2.1 } 準拠
PCMCIA 2.1/JEIDA4.1 } ZVポートにも対応可

第 1-10 章　32 ビットの高速 PC カード規格
CardBus

〈名称〉
PC Card Standard
〈発行日〉
1997.3
〈発行者〉
PCMCIA，日本電子工業振興協会（JEIDA）
〈情報入手先〉
http://www. pc-card. com
http://www. jeida. or. jp

PCI バスをベースに 32 ビット PC カードの仕様が決められた

1990 年代には日本，アメリカともにノートブック・パソコンが普及し，そのシステム拡張の手段として PC カードが盛んに使われるようになりました．PC カードの標準化は JEIDA と PCMCIA によって進められてきましたが，1993 年に JEIDA Ver. 4.2/PCMCIA Rel. 2.1 が公開され，この仕様が現在の PC カード仕様の基本となっています．

PC カードはデータ・バスが **16 ビット幅**で，パソコンの高性能化が進むとともに転送能力の不足が目立ってきました．1991 年に Apple 社が 32 ビット PC カードの提案を行ったことから，PCMCIA において仕様の検討が始まりました．1992 年に **32 ビットの高速ローカル・バス**として PCI の規格が公開されましたが，その高性能と CPU に依存しない汎用性が評価され，32 ビット PC カードは PCI をベースとして仕様が決められることになりました．

1995 年版の PC Card Standard で，32 ビットの高速 PC カードである CardBus 仕様が追加されました．それによって，従来の 16 ビット幅の PC カードは，16 ビット PC カードと呼ばれるようになりました。

16 ビット幅
ISA と PC カードはデータ・バス幅は同じ 16 ビットであるが，PC カードのほうが高速のクロックで動作できる．ISA の転送能力の 8.33 M バイト /s に対して，PC カードは 2 倍以上の最大 20 M バイト/s まで動作可能．
そのため，1980 年代の後半には ISA の転送能力の不足がずっと問題になっていたが，PC カードのほうは 90 年代になってもすぐには問題にされなかった．

従来の 68 ピン PC カードと互換性を保つように作られた規格

ノートブック・パソコンはスペースの制約が厳しいことから，従来の PC カード・スロットと別に新しい高速スロットの仕様をつくるとスロット数が増えてしまい，パソコン・メーカに受け入れられません．また，デスクトップ・パソコンの ISA と PCI の関係のように，一つのスロットに二つのコネクタを設ける余地もありません．新しい 32 ビット PC カードの仕様は，従来の 68 ピン・コネクタと互換であることが必要でした．

CardBus 仕様は従来の PC カード仕様の拡張として作られており，互換性の確保に苦心が見られます．CardBus 対応ソケットでは，従来の 16 ビット PC カードと新しい CardBus PC カードのどちらも使えなければなりません．CardBus PC カードは従来の 16 ビット専用ソケットではもちろん動作しませんが，たと

32 ビットの高速ローカル・バス
PCI はデータ・バス幅を 32 ビットに拡張し，動作クロックも最大 33 MHz と高速なことから，最大 133 M バイト/s という高速転送が可能．

え挿入しても誤動作したりカードやシステムにダメージを与えないことが要求されます．

① CardBus のコネクタ（図10-1）

CardBus では従来の PC カードと同じ 68 ピンのコネクタを採用しています．しかし，従来の PC カードの動作が最大 10 MHz なのに対して，PCI 互換の CardBus は最大 33 MHz と高速動作を行うため，そのままでは波形歪みが大きく安定に動作しません．とくに，従来のコネクタでは GND ピンの本数が少ないことが波形歪みの原因となっています．

そこで，従来と物理的寸法は同じでグラウンドを強化した新しいコネクタが採用されました．GND ピンを追加することができないため，コネクタ周辺を GND の**シュラウド**で包むような構造となっています．

また，基板レイアウトもグラウンド・インピーダンスが低くなるレイアウトを仕様書で推奨しています．

シュラウド
シュラウド（shroud）は覆いかぶせるもの，包むものという意味．単なるグラウンド・ピンではなくて，シールドの役目も果たしている．

②信号線定義（表10-1）

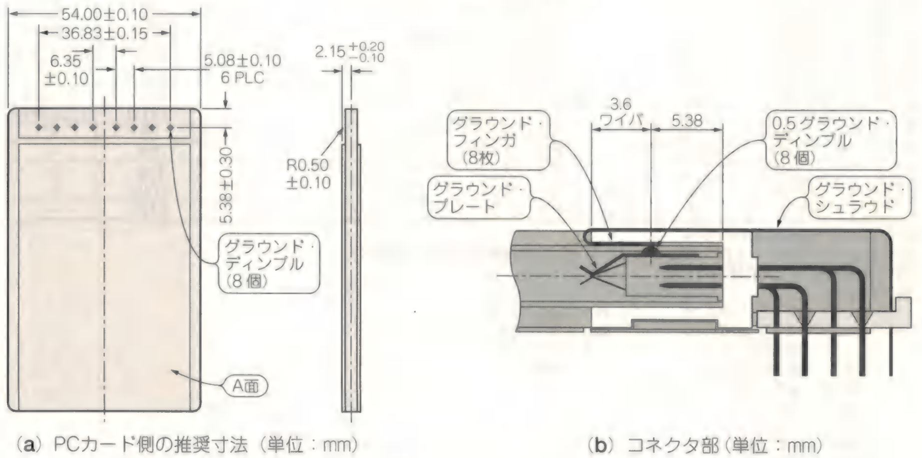
CardBus 仕様の PC カードは，電源ピンやカードの検出に必要な一部のピンを除いて，従来の 16 ビット PC カードとピン定義がまったく異なっています．CardBus 対応ソケットは，CCD[2::1]#（カード検出），CVS[2::1]#（電圧検出）の 4 本のピンを使って，挿入されたカードの種類（16 ビットか CardBus か）と電源電圧を自動的に検出します．

CardBus PC カードが挿入された場合は，ソケットは CardBus のピン定義で動作します．16 ビット PC カードが挿入された場合は，従来のメモリ・カードや I/O カードのピン定義で動作します．

CardBus の信号線は 32 ビット PCI バスに準拠していますが，ピン数が 68 ピンと少ないため，一部のピンが省略されています．割り込みが一つに減らされ，IDSEL，SBO#，SDONE# がなくなっています．一方，カードの検出に必要な CCD[2::1]#，CVS[2::1]# や，PCI クロックの停止や再開をコントロールする CCLKRUN#，カードの状態の変化を示す CSTSCHG，ホスト側のスピーカを駆動するための CAUDIO などカード特有のピンが追加されています．

なお，CardBus の信号名はすべて C から始まりますが，最初の C を取り除け

〈図10-1〉CardBus のコネクタ



（a）PCカード側の推奨寸法（単位：mm）　（b）コネクタ部（単位：mm）

〈表 10-1〉CardBus の信号線

ピン番号	CardBus信号名	方向	ピン長さ	機　能	16ビット信号名	
					メモリ・カード	I/Oカード
1	GND	DC	long	グラウンド	GND	←
2	CAD0	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D3	←
3	CAD1	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D4	←
4	CAD3	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D5	←
5	CAD5	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D6	←
6	CAD7	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D7	←
7	CCBE0#	i/o, ts		コマンド/バイト・イネーブル	CE1#	←
8	CAD9	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A10	←
9	CAD11	i/o, ts		アドレス/データ・バス	OE#	←
10	CAD12	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A11	←
11	CAD14	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A9	←
12	CCBE1#	i/o, ts		コマンド/バイト・イネーブル	A8	←
13	CPAR	i/o, ts		パリティ	A13	←
14	CPERR#	i/o, sts		パリティ・エラー検出	A14	←
15	CGNT#	in		グラント	WE#	←
16	CINT#	out, o/d		割り込み要求	READY	IREQ#
17	Vcc	DCin	long	電源	Vcc	←
18	Vpp1	DCin		プログラミング電源&ペリフェラル電源	Vpp1	←
19	CCLK	in		クロック	A16	←
20	CIRDY#	i/o, sts		イニシエータ・レディ	A15	←
21	CCBE2#	i/o, ts		コマンド/バイト・イネーブル	A12	←
22	CAD18	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A7	←
23	CAD20	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A6	←
24	CAD21	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A5	←
25	CAD22	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A4	←
26	CAD23	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A3	←
27	CAD24	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A2	←
28	CAD25	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A1	←
29	CAD26	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A0	←
30	CAD27	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D0	←
31	CAD29	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D1	←
32	RFU	nc		予約	D2	←
33	CCLKRUN#	i/o, o/d		クロック要求/ステータス	WP	IOIS16#
34	GND	DC	long	グラウンド	GND	←
35	GND	DC	long	グラウンド	GND	←
36	CCD1#	out	short	カード検出	CD1#	←
37	CAD2	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D11	←
38	CAD4	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D12	←
39	CAD6	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D13	←
40	RFU	nc		予約	D14	←
41	CAD8	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D15	←
42	CAD10	i/o, ts		アドレス/データ・バス	CE2#	←
43	CVS1	i/o		電圧検出	VS1#	←
44	CAD13	i/o, ts		アドレス/データ・バス	RFU	IORD#
45	CAD15	i/o, ts		アドレス/データ・バス	RFU	IOWR#
46	CAD16	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A17	←
47	RFU	nc		予約	A18	←
48	CBLOCK#	i/o, sts		カード・ロック	A19	←
49	CSTOP#	i/o, sts		ストップ	A20	←
50	CDEVSEL#	i/o, sts		デバイス・セレクト	A21	←
51	Vcc	DCin	long	電源	Vcc	←
52	Vpp2	DCin		プログラミング電源	Vpp2	←
53	CTRDY#	i/o, sts		ターゲット・レディ	A22	←
54	CFRAME#	i/o, sts		サイクル・フレーム	A23	←
55	CAD17	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A24	←
56	CAD19	i/o, ts		アドレス/データ・バス	A25	←
57	CVS2	i/o		電圧検出	VS2#	←
58	CRST#	in		リセット	RESET	←
59	CSERR#	out, o/d		システム・エラー検出	WAIT#	←
60	CREQ#	out, ts		リクエスト	RFU	INPACK#
61	CCBE3#	i/o, ts		コマンド/バイト・イネーブル	REG#	←
62	CAUDIO	out		オーディオ出力	BVD1	SPKR#
63	CSTSCHG	out, ts		ステータス変化	BVD2	STSCHG#
64	CAD28	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D8	←
65	CAD30	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D9	←
66	CAD31	i/o, ts		アドレス/データ・バス	D10	←
67	CCD2#	out	short	カード検出	CD2#	←
68	GND	DC	long	グラウンド	GND	←

信号名の後の#は負論理を示す
信号名の頭のCをとるとPCIの信号名になる（CardBus独自の信号を除く）
RFUは予約ピン（内部接続は禁止）
信号の方向

in　：カードへの入力　　ts　：3ステート
out　：カードからの出力　　sts　：サステインド3ステート
i/o　：双方向　　o/d　：オープン・ドレイン
DC　：直流（方向なし）　　nc　：無接続
DCin　：直流（カードへの入力）

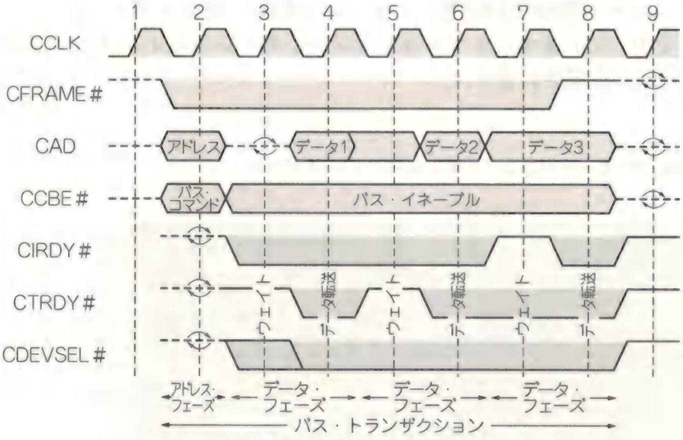
ピンの長さ

short　：3.50 mm
無印　：4.25 mm
long　：5.00 mm

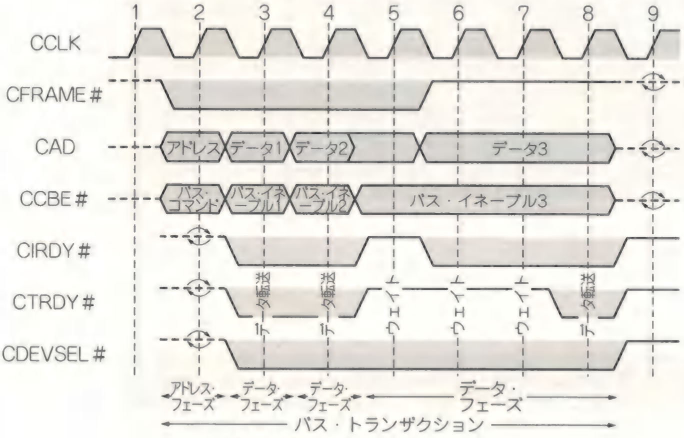
〈図10-2〉CardBus の基本インターフェース

CCBE[3::0]#	コマンド
0000	アロケーテッド
0001	スペシャル・サイクル
0010	I/Oリード
0011	I/Oライト
0100	予約
0101	予約
0110	メモリ・リード
0111	メモリ・ライト
1000	予約
1001	予約
1010	コンフィギュレーション・リード
1011	コンフィギュレーション・ライト
1100	メモリ・リード・マルチプル
1101	アロケーテッド
1110	メモリ・ハード・ライン
1111	メモリ・ライト・アンド・インバリデート

(a) バス・コマンド



(b) 基本リード・サイクル



(c) 基本ライト・サイクル

ば PCI の信号名と同じになります.

③ CardBus の基本インターフェース (図10-2)

基本的に PCI と同じで，メモリ・リード/ライト，I/O リード/ライト，コンフ

アービトレーション

バスは一つの伝送路を多数のデバイスが交代に利用するシステムである．どれかのデバイスがバスを使用してデータ転送を行っている間は，ほかのデバイスはバスを使用できない．

そのため，データ転送を行いたいデバイスはいきなり転送を開始するのではなく，まず要求信号を出してバスの使用権を獲得して，それからデータ転送を開始する．そのためのしくみや手続きを，一般にアービトレーションと呼んでいる．

ィギュレーション・リード/ライトなどの転送を実行できます．転送を要求するデバイスは**アービトレーション**を行い，バスの使用権を獲得したらマスタとして転送を開始します．データ転送はマスタとターゲットの間で行われます．CardBus PC カードがマスタとなって，ホスト側デバイスやほかの CardBus PC カードをターゲットとして転送を行うこともできます．ホスト CPU を介さずに，カード相互間で転送を行ったり，カードとホスト・メモリ間で転送を行うことも可能です．

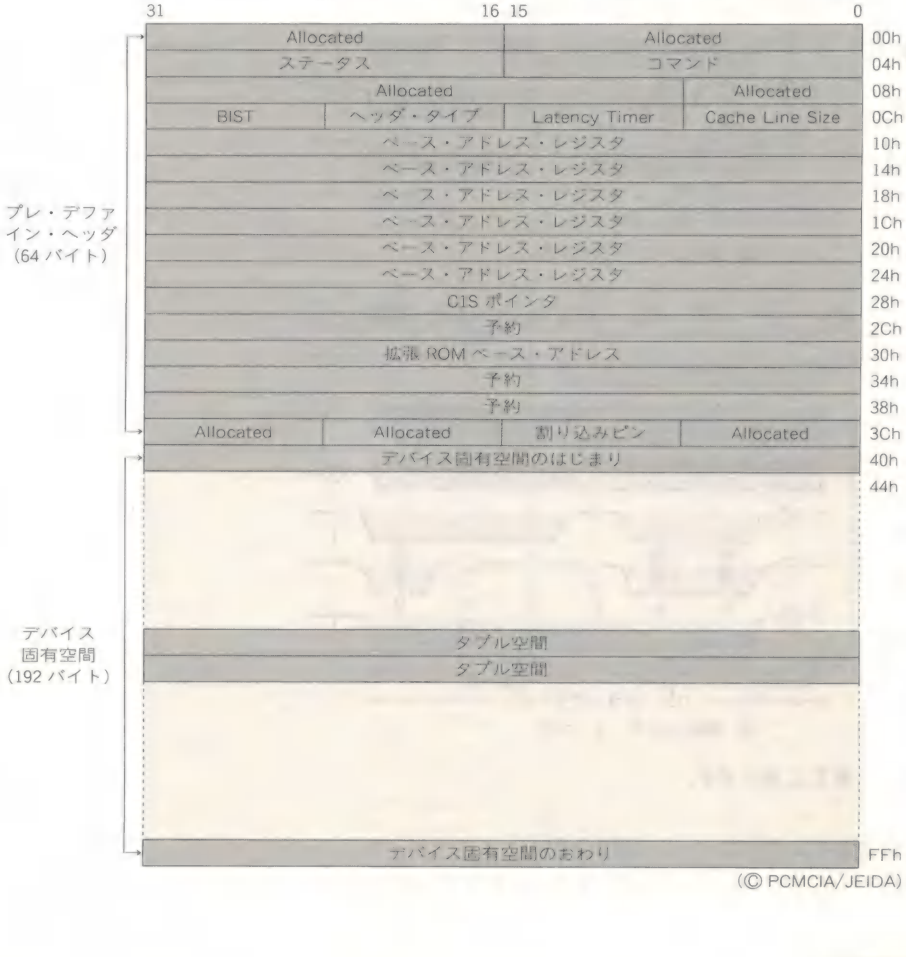
転送のタイミングは同期式で，シングル転送やバースト転送など PCI の転送モードをサポートしています．クロック 33 MHz でバースト転送を行うことにより，データ転送速度は最大 133 M バイト/s となります．

④ CardBus のコンフィギュレーション（図 10-3）

CardBus PC カードは，16 ビット PC カードのようなアトリビュート・メモリをもちません．そのかわりに PCI と同じコンフィギュレーション・レジスタをもっており，同様の手順でコンフィギュレーションを実行できます．

ただし，**カードの属性の記録**については，従来の 16 ビット PC カードと同様にタプルを用いています．タプルは，コンフィギュレーション・レジスタのデバイス固有空間に記録されます．

〈図 10-3〉 CardBus PC カードのコンフィギュレーション・スペース



(© PCMCIA/JEIDA)

⑤電気的仕様（表10-2）

CardBusの電気的仕様は，PCIの3.3Vシグナリングに準じたものとなっています．しかし，PCIにくらべると伝送距離はきわめて短く，負荷も少ないので，全般的に条件は少しずつゆるめられています．

⑥コントローラICの例（図10-4）

CardBusはノートブック・パソコンの内部PCIバスに接続するのが一般的です．CardBusソケットのコントローラICはPCI-CardBusのブリッジとしての働きをもちます．

カードの属性の記録

PCカードではカードのもつさまざまな属性を記録するフォーマットが決められており，それを読み出すことによってパソコン側ではカードについて多くの情報を得ることができる．この属性を記録するフォーマットは，従来の16ビットPCカードのフォーマットをそのまま利用する．

〈表10-2〉CardBusの電気的仕様

■DC仕様

		min	max	単位
電源電圧	V_{cc}	3	3.6	V
電源電流	I_{cc}	−	1	A
電源電流（コンフィギュレーション時）	I_{cc}	−	70	mA
入力電圧	V_{IH}	0.475 V_{cc}	V_{cc}+0.5	V
	V_{IL}	−0.5	0.325 V_{cc}	V
出力電圧	V_{OH}	0.7 V_{cc}	−	V
	V_{OL}	−	0.2 V_{cc}	V
入力リーク電流	I_{LEAK}	−	−10	μA
カード入力ピン容量	V_{IL}	5	17	pF
システム負荷容量	V_{OH}	5	22	pF
カードCCLKピン容量	V_{OL}	10	22	pF

■AC仕様（CCLK）

		min	max	単位
CCLKサイクル時間	t_{cyc}	30	∞	ns
CCLKハイ時間	t_{high}	12	−	ns
CCLKロー時間	t_{low}	12	−	ns
CCLK上昇/下降時間	t_r/t_f	1	4	V/ns

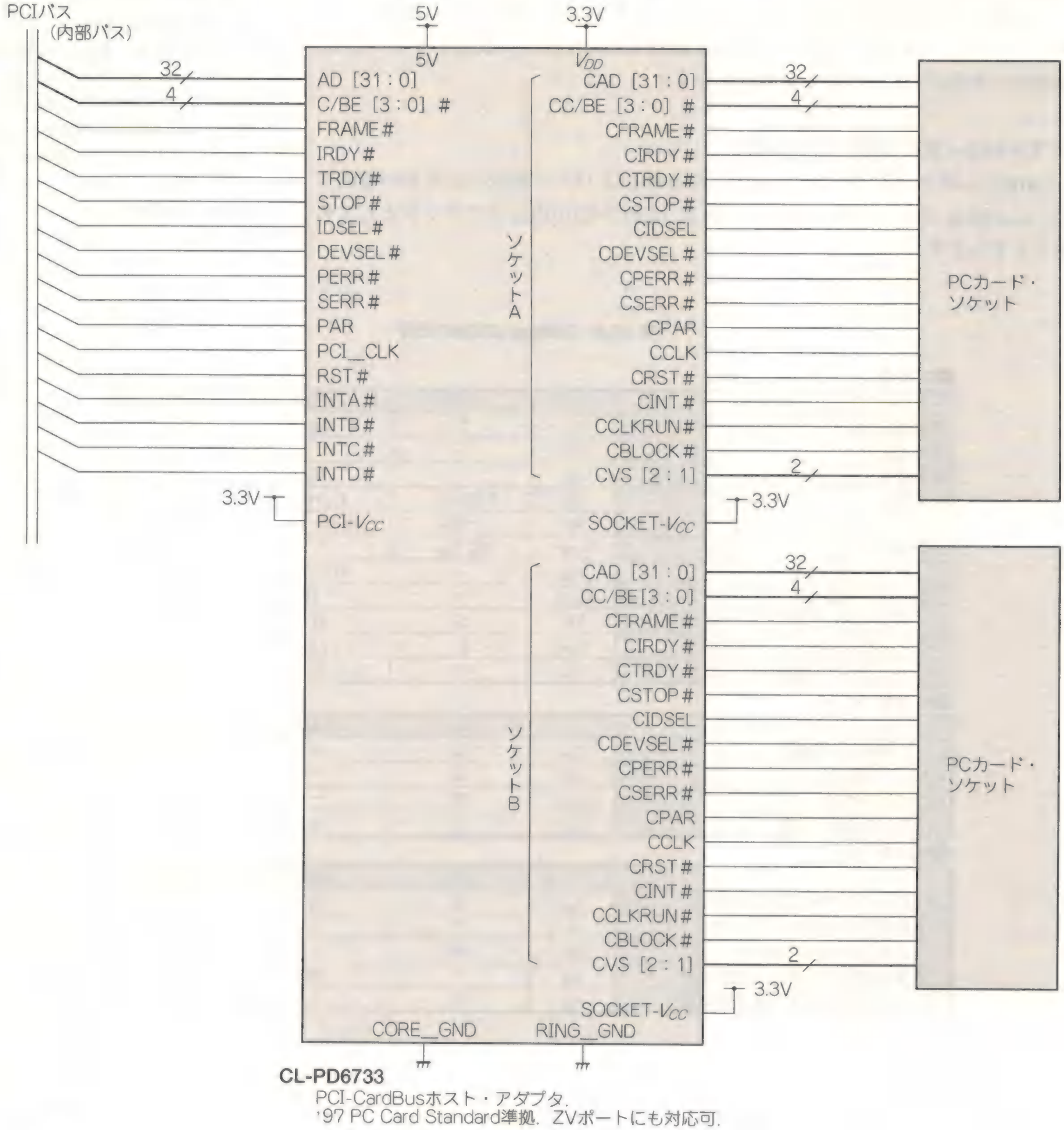
■AC仕様（信号）

		min	max	単位
CCLKからのデータ遅延時間	t_{val}	2	18	ns
CCLKまでのセットアップ時間	t_{su}	7	−	ns
CCLKからのホールド時間	t_h	0	−	ns
アクティブからフロート遅延時間	t_{off}	−	28	ns
フロートからアクティブ遅延時間	t_{on}	2	−	ns

トランジスタ技術 SPECIAL エレクトロニクスの基礎と実用技術を満載したフィールド・ワーク・マガジン
好評発売中!
SPECIAL No.62
B5判　160頁
定価1,840円（税込）

特集　電子回路シミュレータの本格活用法
実証済みの回路集で学ぶ設計のテクニック
CQ出版社　〒170-8461　東京都豊島区巣鴨1-14-2
販売部　☎(03)5395-2141　振替 00100-7-10665

〈図 10-4〉コントローラ IC の例



CL-PD6733
PCI-CardBusホスト・アダプタ.
'97 PC Card Standard準拠. ZVポートにも対応可.

コラム　規格や情報の入手について

本特集で取り上げた規格には，Microsoft 社，Intel 社，Compaq 社，IBM 社などの業界の有力メーカが提唱しているメーカ主導型の規格や，メーカ主導型の規格が事実上の業界標準となったもの，ライバル企業も含めた業界団体で制定された規格，IEEE などの公的な標準化団体で制定された規格など，さまざまな種類のものがあります．

規格の概要や要点については本特集で知ることができますが，本格的な設計を行うにはやはり規格の原文を精読すべきです．ほとんどの規格は有償または無償で原文を入手することができます．それぞれの規格の入手先（問い合わせ先）については，本文中に記載しました．メーカや団体が開設しているインターネットのサイトを利用するのが速くて便利です．

メーカ主導型の規格は，メーカの方針や姿勢の違いによって，広く普及させるために無償で配布している公開の規格と，ライセンス契約を結んだ企業に対してのみ配布される非公開の規格に分かれます．本書で取り上げているのはほとんどが公開の規格であり，各メーカのサイトで原文をダウンロードできます．

ISA や VGA のようにメーカの仕様が事実上の業界標準になったものは，厳密に言えば公式な規格書といえるものは存在しません．古いマニュアル類や実際のパソコンの回路，使用されている LSI などを総合したものが業界標準として扱われています．

業界団体や公的団体で制定された規格は，ほとんどが有償で公開されており，誰でも入手できます．ただし，価格は数千円～数万円と，一般の書籍の水準からすると高めのものが多いのも確かです．

PCI SIG や VESA のように日本に窓口がない団体でも，団体のサイトで申し込み用紙をダウンロードして FAX で申し込めば意外に簡単に入手できます．また，IEEE などの国際標準化団体の規格は日本規格協会で一括して取り扱っており，国内で入手できます．各種の国内団体の連絡先は右記の通りです．

なお，公開されている規格であっても，特許などで保護されている部分もあります．製品化にあたっては別途契約が必要な場合も多いので，十分に注意してください．

● ㈶日本規格協会
〒107-8440
東京都港区赤坂 4-1-24
☎ 03-3583-8001

● ㈳日本電子工業振興協会（JEIDA）
情報産業部　パソコン担当
〒105-0011
東京都港区芝公園 3-5-8　機械振興会館
☎ 03-3433-1923

● ㈳音楽電子事業協会（AMEI）
〒101-0061
東京都千代田区三崎町 2-16-9　イトービル 4F
☎ 03-5226-8550

● ㈳日本電子機械工業会（EIAJ）
〒105-0003
東京都港区西新橋 1-5-13　第 8 東洋海事ビル 6F
☎ 03-5251-0560

第2-1章　電子楽器の間で音楽データをやりとりするための規格

MIDI

〈**名称**〉

Musical Instrument Digital Interface

〈**発行日**〉

1989.1.1（Ver4.1 日本語版）

〈**発行者**〉

音楽電子事業協会（AMEI）

〈**仕様書**〉

（日本語版）

MIDI 1.0 規格（Ver4.1 日本語版）

〈**情報入手先**〉

http://www. amei. or. jp

http://home. earthlink. net/~mma

多数のメーカが集まって日本でできた規格

シンセサイザ

シンセシス（synthesis）は総合する，合成するという意味の用語で，シンセサイザは合成するものという意味をもっている．

電子回路では，アナログ波形を合成する回路を総称してシンセサイザと呼んでいる．また，音声波形の合成回路を音源として搭載した電子楽器がシンセサイザと呼ばれて広く普及している．

MIDIは**シンセサイザ**などの電子楽器の間で演奏データをやり取りするための規格として1982年に作られ，広く用いられてきました．すでに15年以上の実績をもつ息の長い規格です．日本でつくられて世界的なデファクト・スタンダードとなったことや，特定メーカの製品が普及して規格になったのではなく，多数のメーカ間の話し合いで仕様が決められた点も特筆すべきです．

1970年代から1980年代にかけて，シンセサイザなどの電子楽器が急速に発展し，普及しました．初期のシンセサイザは，VCO（電圧制御発振器）を音源としてVCF（電圧制御フィルタ），VCA（電圧制御アンプ）で音色や音量をコントロールして演奏を行うアナログ方式のものでした．発音部のアナログ回路が複雑なため単音しか発生できないモノフォニック・シンセサイザが主流であり，和音を発生するには複数のシンセサイザを接続して同時に演奏することが必要でした．しかし，そのためには個別のアナログ電圧信号を伝送することが必要で，ケーブルの本数も多くなり，信号を精度よく伝送することも困難でした．

1980年頃には，アナログ・シンセサイザにマイコンが取り入れられるようになり，各楽器メーカでは演奏データをディジタル化して記憶，伝送する方法の検討をはじめていました．発音の開始や終了，音高，音色などのパラメータをディジタル・コードで表現し，発音部はそのディジタル・コードに従ってアナログ電圧を発生して演奏を行います．これによって，演奏データをメモリに記憶して自動演奏したり，複数のシンセサイザを接続して同時演奏することが簡単にできるようになります．

当初は各楽器メーカがそれぞれディジタル化を進めていましたが，それまでのアナログ伝送方式の互換性の低さがユーザにたいへん不評だったため，1981年頃から日本の主要メーカの間で方式の統一が話し合われるようになりました．1982年には世界の主要メーカの間でインターフェースの基本仕様が合意され，

最初の仕様として MIDI 1.0 Specification が公開されました．

MIDI の規格化は日本メーカが中心となって行われましたが，世界規格をめざしていたため，最初の仕様書は英文で発行されました．1983 年には標準化団体として MIDI 規格連絡協議会（のちに MIDI 規格協議会）が日本で発足し，規格の整備や日本語化が進められました．さらに，アメリカでも標準化団体として MMA（MIDI Manufacturers Association）がつくられ，MIDI 規格協議会（JMSC）とともに規格の検討，普及にあたることになりました．

MIDI の基本的な仕様は，最初の MIDI 1.0 Specification からほとんど変わっていませんが，不明確な部分の再定義や運用の互換性を高めるための推奨仕様などが追加され，1989 年に MIDI 1.0 規格（Ver4.1 日本語版）が発行されました．これが，現在の MIDI の最新版と言えます．

その後，シンセサイザの方式は FM 音源を経て，**PCM 音源**などのディジタル・シンセサイザに変化してきましたが，インターフェースの仕様は変わっていません．新しい方式を混乱なく導入できたのは，MIDI によって早い時期にインターフェースが標準化されたおかげとも言えるでしょう．

最近では，パソコンのサウンド機能や MIDI カラオケの普及によって，MIDI は電子楽器だけでなく，音楽データを取り扱うための標準フォーマットとして幅広い分野で普及しています．このため，楽器業界が主体となって発足した MIDI 規格協議会（JMSC）に代わって，1994 年に㈳音楽電子事業協会（AMEI）が発足しました．

現在は，AMEI において MIDI 規格の普及や整備，JIS 化のための規格案の検討，新しい高速インターフェースとして IEEE 1394 の採用の検討などが行われています．

PCM 音源

PCM（Pulse Code Modulation）は音声波形を A-D 変換によってディジタル値に変換する方式のこと．もともとは，電話局間で音声をディジタル化して伝送するしくみとして実用化された．現在は，電話以外でもあらゆる音声信号のディジタル化に用いられている．

PCM 音源とは，さまざまな自然音を PCM によってディジタル・データ化しておき，そのディジタル・データを組み合わせたり変化をつけたりして音声波形を合成する方式．発振回路によって最初から人工的に音声波形を合成するのにくらべて，より自然で情報量の多い音声波形が得られる．

音楽だけでなく，オーディオ，ビデオ，照明機器の制御もする

本来の MIDI は，電子楽器の間で演奏データを受け渡すためのプロトコルを定めたインターフェース規格です．コネクタやケーブル，電気的仕様，接続の形態，伝送方式，データ・フォーマットなどが規格として定められています．民生用機器向けの規格のため，だれでも簡単に接続できることや，低コストで実現できることを重視しています．しかし，ステージでの演奏に用いられることから，信頼性や耐ノイズ性には最大の配慮がされています．規格が作られた時期が古いため，データ転送速度は 31.25 k ビット/s と低速ですが，演奏中にデータをリアルタイムに受け渡すには十分なスピードです．

最近では，コンピュータ上で音楽データを取り扱うための標準フォーマットとして MIDI のファイル形式が利用されたり，オーディオ，ビデオ，**照明**などの機器の総合的なコントロールに MIDI が利用されるなど，本来の MIDI の規格から外れたところでも広く用いられるようになってきました．このような部分は，本来の規格ではない運用上の推奨仕様としてまとめられ，RP（Recommended Practice）と呼ばれています．

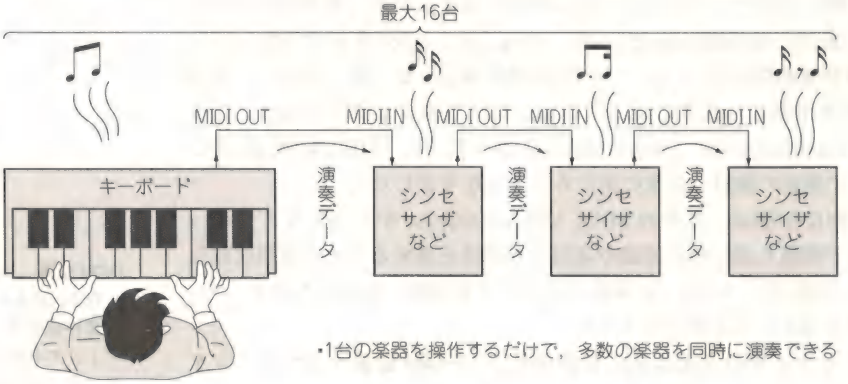
照明

ステージでの音楽演奏では，演奏の効果を上げるために，演奏に同期して照明を変化させる手法が用いられる．このとき，演奏を聞きながら照明担当者が手動で照明を変化させることにより，MIDI データを利用して演奏と同時に自動的に照明を変化させるほうが簡単だし確実にできる．

①システム構成（図 1-1）

MIDI ポートをもつ電子楽器，コンピュータなどを MIDI ケーブルで接続して演奏データを伝送します．伝送はシリアル・インターフェースであり，時分割によって，1 本のケーブルで複数の機器にデータを送ることができます．時分割のチャネルを 16 チャネル設けてあることから，システムに接続できる機器は最大

〈図 1-1〉 MIDI のシステム構成



16 台となります．

最近では，1 台の機器で複数のチャネルを占有する機器もあり，その場合は接続できる台数が少なくなります．また，複数の MIDI ポートをもつマルチポート・インターフェースを用いれば，システムの台数を 16 台単位で拡大できます．

MIDI のシステムは固定的なものではなく，演奏のたびに新たに接続が行われるため，接続のしやすさやは十分に考慮されています．チェーン接続やスター接続による拡張が可能で，伝送のチャネルは接続の形態とは無関係に設定できます．

②接続の方法（図 1-2）

MIDI は単方向のシリアル・インターフェースであり，MIDI IN（入力ポート），MIDI OUT（出力ポート），MIDI THRU（通過ポート）の 3 種類のポートがあります．MIDI THRU はシステム拡張用のポートであり，MIDI IN から入力されたデータがそのまま現れます．これらのポートの少なくとも一つを装備したものが MIDI 機器です．

もっとも基本的な接続方法は，一方の機器の MIDI OUT を他方の機器の MIDI IN に接続した 1 対 1 接続です．出力側の機器をマスタ，入力側の機器をスレーブと呼びます．マスタのキーボードを操作してマスタとスレーブを同時に演奏したり，コンピュータや**シーケンサ**をマスタとしてスレーブの楽器を自動演奏できます．

シーケンサ
ドラムなどのリズム楽器は，一般に決まったパターンを反復演奏する．そのパターンを記憶させておき，自動的に演奏を行うための装置をシーケンサと呼んでいる．

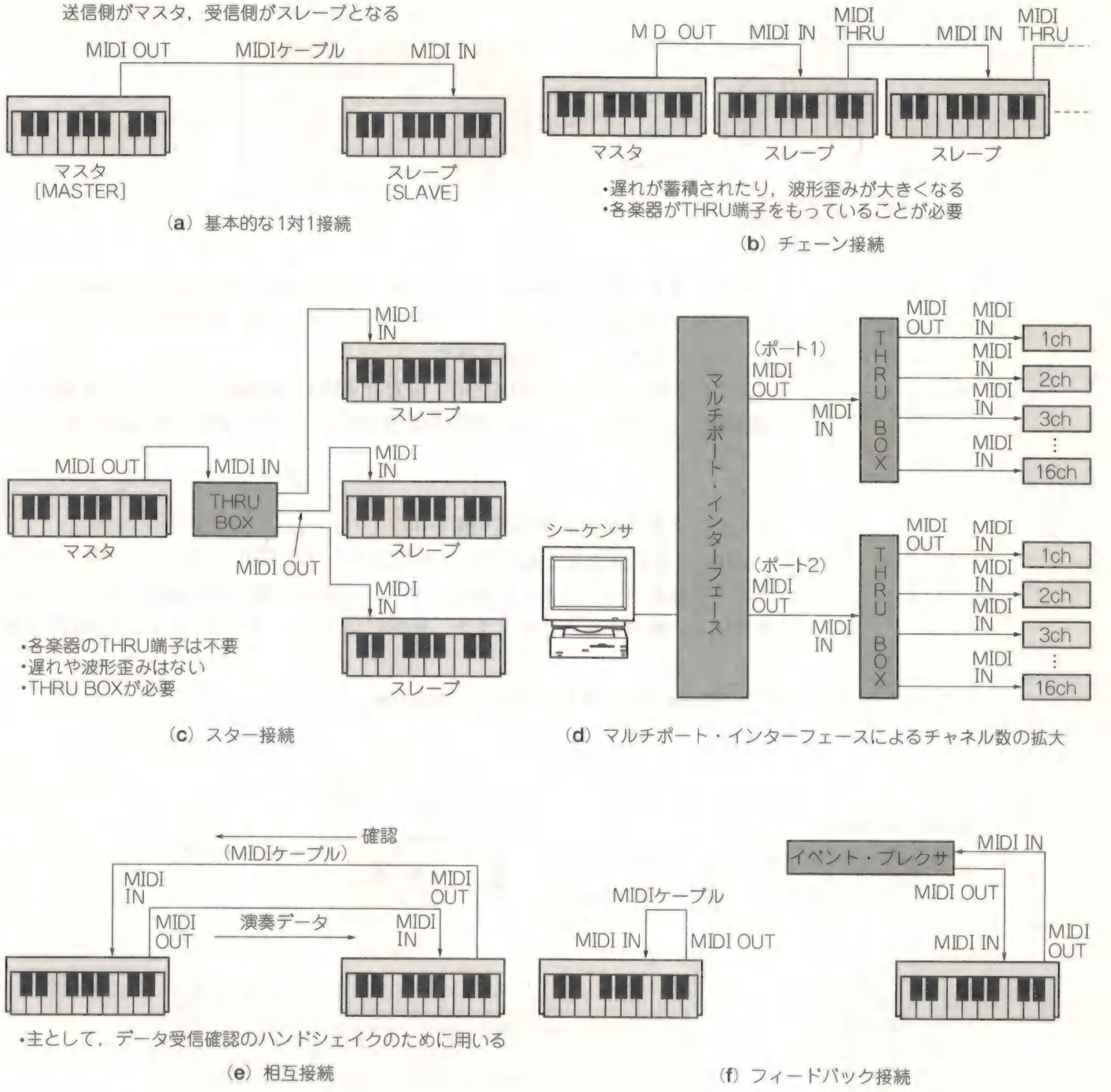
複数のスレーブを接続する方法として，チェーン接続とスター接続があります．チェーン接続とスター接続を組み合わせて，ツリー状にシステムを拡大できます．

スレーブの MIDI THRU を次のスレーブの MIDI IN に接続すれば，マスタから送られてきたデータを中継できます．これを繰り返して複数の機器をチェーン状に接続できます．この場合，MIDI IN と MIDI THRU の間のディレイが蓄積されて信号が劣化するため，接続の段数が制限されます．何段までチェーン接続できるかは個々の機器のディレイで決まります．また，MIDI THRU はオプションなので，装備していない機器もあります．

一つの MIDI IN を複数の MIDI THRU に分配する THRU ボックスを用いれば，複数の機器をスター状に接続できます．スター接続はディレイの蓄積がないので，多数のスレーブを接続するのに適しています．

低コストで伝送の効率を上げるため，MIDI では伝送誤りの検出や受信状態の確認は行っておらず，マスタからスレーブへの一方的な伝送ですませています．ただし，オプションとして多量のデータをパケットで伝送する方法も定められて

〈図1-2〉 MIDI機器の接続



おり，その場合は**ハンドシェイク**のために双方向伝送を行う必要があります．双方向伝送を行うには，2本のケーブルを用いて2台の機器のMIDI OUTとMIDI INを相互に接続することが必要です．

ハンドシェイク
データの送信側と受信側から相互に信号を送りあって，タイミングを合わせながらデータを伝送する方式をハンドシェイク方式と呼ぶ．したがって，ハンドシェイクを実行するためには，相互にメッセージを送り合うしくみが必要．

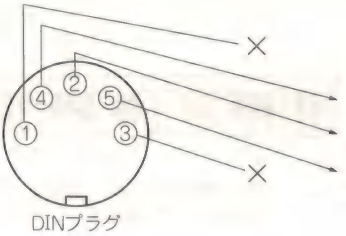
③信号線とコネクタ (図1-3)

MIDIはステージなどノイズ環境の悪い場所で使われるため，ノイズを受けないようにシールド付きツイスト·ペア線を用い，電流ループによる絶縁伝送を採用しています．

MIDIの電流信号は往復の1対のケーブルで伝送されます．ケーブルは2芯のシールド付きツイスト·ペア線で，最大15m (50フィート) まで延長できます．

コネクタは汎用の5ピンDINコネクタで，そのうち4ピンと5ピンを伝送に用い，2ピンをGND (シールド) としています．MIDI OUTは4ピンが+ (電流

〈図 1-3〉 MIDI コネクタのピン配置



ピン	MIDI IN	MIDI OUT
4	IN−	OUT＋
2	NC	GND
5	IN＋	OUT−

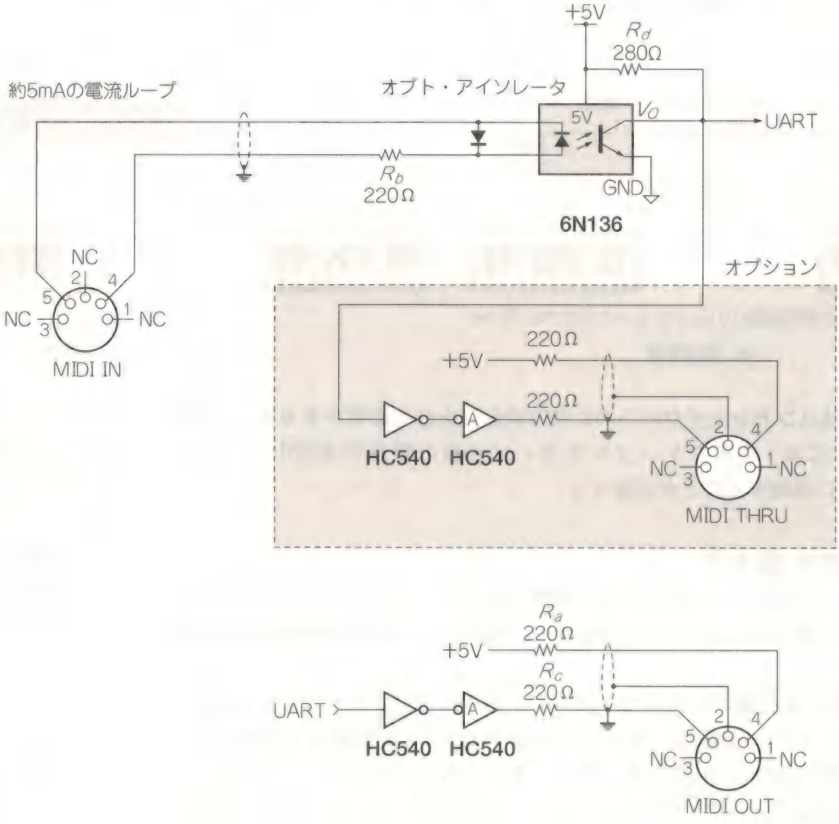
ソース），5 ピンが − (電流シンク) であり，MIDI IN は 4 ピンが − (電流シンク)，5 ピンが + (電流ソース) です．したがって，ケーブルは 4 ピン − 4 ピン，5 ピン − 5 ピンをストレート接続します．

2 ピン (シールド) は MIDI OUT 側だけ GND に接続され，MIDI IN 側は NC (無接続) とします．これは，機器間に**グラウンド･ループ**ができるのを防ぐためです．

④トランスミッタとレシーバ (図 1-4)

MIDI では伝送信号として 5 mA の電流ループを採用し，レシーバ側でフォトカプラ絶縁を行っています．電流ループは一般的な電圧信号伝送よりもノイズを受けにくい利点があります．また，絶縁にはコモン･モード･ノイズを除去する働

〈図 1-4〉 トランスミッタ/レシーバ回路の例



きと，グラウンド・ループによる**ハム**の発生を防ぐ働きがあります．

フォトカプラは立ち上がり時間，立ち下がり時間が2 μs以内，入力電流が5 mA以下のものを用います．MIDI1.0規格書ではPC900や6N138が例としてあげられていますが，最近の製品ではより高速のフォトカプラが用いられているようです．

トランスミッタ側の電圧振幅は5Vで，ループには220 Ωの抵抗3本を直列に挿入します．LEDの順電圧と配線抵抗による電圧降下が合わせて約1.7Vとすれば，ループを流れる電流は約5mAとなります．この電流でレシーバ側のLEDを駆動し，絶縁出力が得られます．

レシーバ側のオプションとして，MIDI THRU出力を設けることができます．MIDI INとMIDI THRUの間のディレイは**大部分がフォトカプラの遅延時間**です．

⑤伝送方式

伝送方式はごく一般的な調歩同期式のシリアル伝送で，データ長8ビット，パリティなし，ストップ・ビット長1ビットという仕様です．規格が作られた頃は，電子楽器に8051や6801などの8ビット・シングルチップ・マイコンが搭載されることが多く，その内蔵シリアル・ポートを利用できるように定められたものです．また，パソコンのRS-232C（現在はEIA-232E）ポートを利用して，パソコンのMIDIインターフェースを作ることも容易にできます．

伝送速度は31.25kビット/sです．CPUクロックが1MHz，2MHz，4MHz，8MHzのときは，簡単な分周（31.25kHz=1MHz ÷ 32）で送受信クロックを作ることができます．パソコンのRS-232Cポートで一般的な300ビット/sの倍数系列の伝送速度を採用しなかったのは，送受信クロックの生成回路が複雑になることを避けるためです．

また，31.25kビット/sという伝送速度は次の理由から選ばれています．MIDIでは，発音の開始や終了を楽器に指示するのに3バイトのデータを送ります．スタート・ビットとストップ・ビットを含めて，10ビット×3=30ビットを伝送する時間は0.96msかかります．MIDIの16チャネルで16和音を同時に発生するには，データを送るのに0.96×16=15.36msかかり，その分だけ音のばらつきを生じます．しかし，人間の聴感上では20ms以内の音は一つに聞こえると言われており，MIDIの伝送速度は十分にその条件を満たしています．

⑥パソコンのMIDIインターフェース（図1-5）

パソコンの普及とともに，MIDIはコンピュータ・ミュージックの汎用インターフェースとして広く利用されるようになりました．大部分のパソコンはMIDIインターフェースを標準装備していないので，外付け型や拡張スロット型のMIDIインターフェースが利用されてきました．

もともとMIDIの仕様はパソコンのRS-232Cポートに似ており，インターフェースは容易にできます．MIDIポートとRS-232Cポートの大きな違いは，伝送速度と電気信号のレベルです．RS-232Cポートの速度を31.25kビット/sに設定し，電流ループ用のトランスミッタ/レシーバ回路を外付けすれば，もっとも簡単なMIDIインターフェースができます．

この方法はハードウェアは簡単ですが，音楽演奏のコントロールとMIDIデータの送受信をすべてパソコン側のソフトウェアで管理するため，パソコンの処理速度が低いと実現できません．そこで，パソコンの負担を減らすため，MIDIデ

グラウンド・ループ

導線をループ上に接続すると，その中を通過する磁束によって導線中を誘導電流が流れる（電磁誘導の作用）．このとき，導線のわずかな配線抵抗によって，導線上に電圧を生じる．

この電圧は通常は問題にならないぐらい小さいことが多いのだが，導線がグラウンドであった場合は，わずかなグラウンド電位の変動でも電子楽器のアンプで増幅されて大きなノイズを生じる．したがって，電子楽器やオーディオ機器を接続する場合は，グラウンド・ループを作らないようにとくに配慮が必要である．

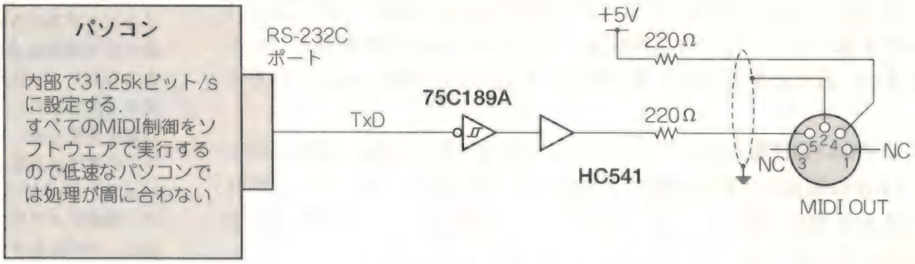
ハム

50 Hz（または60 Hz）のAC電源周波数成分が信号に混入して発生するノイズのことをハムと呼ぶ．電子楽器やオーディオ機器の場合は，ハムはごく低いうなり音として聞こえる．

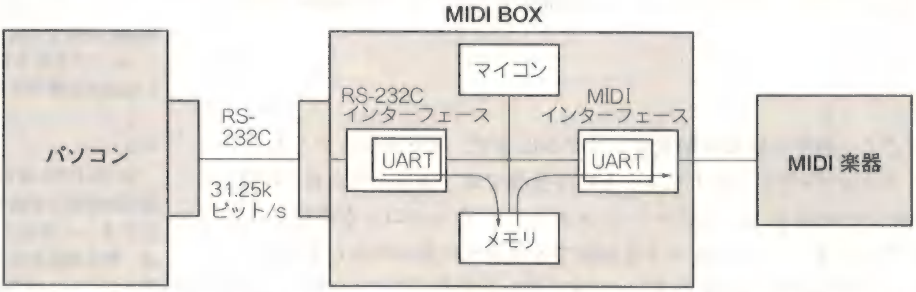
大部分がフォトカプラの遅延時間

一般のディジタル回路の遅延時間にくらべて，フォトカプラの遅延時間はきわめて大きいのが普通．低価格のフォトカプラはμsオーダ，高速のフォトカプラでも10 nsのオーダ．

〈図1-5〉パソコンのMIDIインターフェース

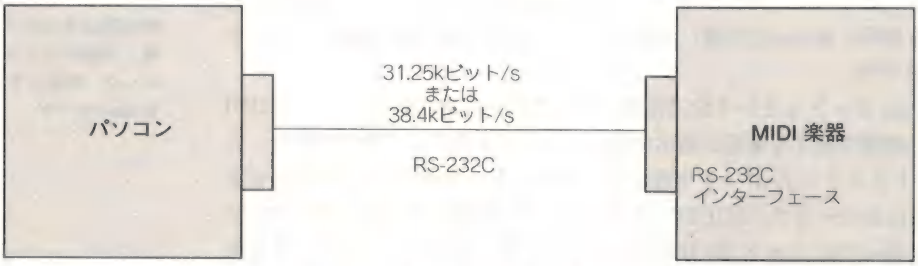


(a) もっとも簡単なMIDIインターフェース



MIDIデータをいったん受信して，送信しなおす．MIDIの伝送制御をMIDIボックスで行うのでパソコンのCPUには負担がかからない

(b) インテリジェントMIDIボックス



(c) RS-232Cインターフェース内蔵のMIDI楽器

ータの送受信を内蔵CPUで行うインテリジェント型のMIDIインターフェースが広く使われてきました．

最近は，パソコンの処理能力の向上により，音楽演奏のコントロールとMIDIデータの送受信をパソコン側のソフトウェアで処理できるようになりました．パソコンを中心としたコンピュータ・ミュージックのシステムが普及するにつれて，MIDI規格の31.25 kビット/sや電流ループによる絶縁伝送を使わず，パソコンが**標準的にサポートする38.4 kビット/s**でRS-232Cポートにダイレクト接続する方法が増えてきました．電子楽器の側でもRS-232Cポートを装備して，38.4 kビット/sでダイレクト接続できるものが現れてきました．

⑦メッセージのフォーマット(図1-6)

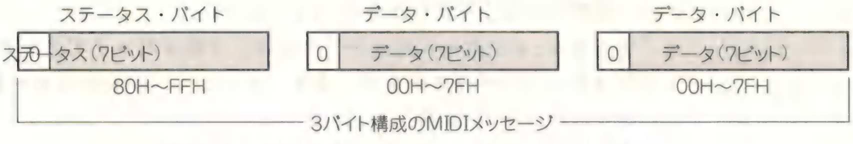
MIDIでは演奏データをリアルタイムに伝送するために，きわめてシンプルな伝送フォーマットを採用しています．伝送は単方向で，マスタがメッセージを送信し，スレーブがそれを受信します．メッセージには，特定のチャネルを指定し

標準的にサポートする38.4 kビット/s

モデムを利用するデータ通信の分野では，伝統的に300ビット/sの倍数系列の伝送レートが使われてきた．また，9600ビット/sのモデムが実用化された後，一気にその2倍の19.2 kビット/sを実現するのが難しかったため，その1.5倍の14.4 kビット/sのモデムが実用化された．その後，14.4 kビットの倍数にあたる28.8 kビット/s, 57.6 kビット/s, 115.2 kビット/s, 230.4 kビット/sなども一般的に用いられている．

パソコンのRS-232-Cポートもそれに合わせて，300および

〈図1-6〉MIDIメッセージのフォーマット



・1バイト目はかならずステータス・バイト（MSB＝1）
・2バイト目以降があるかどうかはメッセージの種類で異なる
・2バイト目以降（データ・バイト）はかならずMSB=0

(a) 3バイト構成の例

	ステータス	データ1	データ2
ノート・オフ	8n	ノート番号	ベロシティ
ノート・オン	9n	ノート番号	ベロシティ
ポリフォニック・キー・プレッシャ	An	ノート番号	プレッシャ値
コントロール・チェンジ&モード・メッセージ	Bn	コントロール番号	値
プログラム・チェンジ	Cn	プログラム	—
チャネル・プレッシャ	Dn	プレッシャ値	—
ピッチ・ベンド・チェンジ	En	LSB	MSB
エクスクルーシブ・メッセージ	F0	ID番号	任意〜
MIDIタイムコード	F1	時分秒フレーム	—
ソング・ポジション・ポインタ	F2	LSB	MSB
ソング・セレクト	F3	セレクト番号	—
未定義	F4	—	—
未定義	F5	—	—
チューン・リクエスト	F6	—	—
エンド・オブ・エクスクルーシブ	F7	—	—
タイミング・クロック	F8	—	—
未定義	F9	—	—
スタート	FA	—	—
コンティニュ	FB	—	—
ストップ	FC	—	—
未定義	FD	—	—
アクティブ・センシング	FE	—	—
システム・リセット	FF	—	—

(b) メッセージの種類

たチャネル・メッセージと，すべてのスレーブを対象とするシステム・メッセージがあります．

メッセージは，ステータス（1バイト目）とデータ（2バイト目以降）から構成されます．ステータスとデータを識別できるように，ステータスはMSB=1，データはMSB=0と決められています．すなわち，ステータスは80H〜FFH，データは00H〜7FHのいずれかです．ステータスの後に何バイトのデータが続くかは，メッセージの種類で決まっています．データをもたず，ステータスだけの1バイトのメッセージもあります．

ノート・オン（発音を開始する），ノート・オフ（発音を終了する），チャネル・プレッシャ（発音中の音量に変化を与える）など，基本的な演奏データはチャネル・メッセージです．マスタ側では演奏に必要なパート（ドラム，ベース，ギターなど）をそれぞれチャネルに割り当て，各パートの演奏データをチャネル・メッセージとして送信します．

スレーブ側では担当パートに対応した受信チャネルをあらかじめ設定しておき，そのチャネルのメッセージだけを受信して演奏を行います．これがMIDIの基本動作であり，**オムニ・オフ**と呼びます．受信チャネルの設定にかかわらず

14400の倍数系列の伝送レートをサポートしている．したがって，MIDIの要求する31.25 kビット/sにもっとも近い伝送レートとして38.4 kビット/sが選ばれた．

ただし，古いパソコンのRS-232-Cポートには，最大9.6 kビット/sや最大19.2 kビット/sまでしかサポートしていないものもある．そのような低速のRS-232-Cポートでは，MIDIを直接接続して利用することはできない．

オムニ・オフ

オムニ（omni）は，全体のとか普遍的なという意味をもつ．MIDIの場合，全チャネルを対象として送られるメッセージはオムニ・オン，特定のチャネルだけを対象として送られるメッセージはオムニ・オフと呼んでいる．

べてのチャネル·メッセージを受信して演奏を行う動作をオムニ·オンと呼びますが，実際にはあまり使われません．

チャネル·メッセージのステータスは，上位4ビットでメッセージの種類を，下位4ビットでチャネルを示します．メッセージの種類は8～Eの7通り，チャネルは0～Fの16通りです．

システム·メッセージには，リセット信号や同期信号などシステム全体に対するメッセージ（コモン·メッセージ，リアルタイム·メッセージ）と，メーカごとに独自に定義されるメッセージ（エクスクルーシブ·メッセージ）があります．システム·メッセージのステータスは，FxHで識別されます．

エクスクルーシブ·メッセージだけは後に続くデータの長さが決まっておらず，任意のバイト数の任意データを転送できます．また，チェック·サムと応答メッセージを用いてエラー検出，訂正を行います．そのため，2本のケーブルを用いて双方向に接続する必要があります．

◈ 参考文献 ◈

(1) リットーミュージック、MIDIバイブルI MIDI1.0規格基礎編、1997

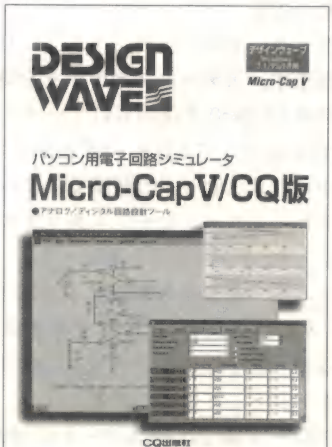
パソコン用電子回路シミュレータ

Micro-CapV/CQ版 が発売されています．
これはWindows上で回路設計をする電子技術者のための回路シミュレータです．

定価 15,750円（税込）

好評発売中

●電子回路の設計をシミュレータを利用して効率よく行うというスタイルが定着してきました．Micro-Capは，回路図エディタで回路を描いたら，そのままトランジェント解析，AC解析，DC解析を簡単なキー操作で実行できるという特徴がある使いやすい回路設計ツールです．
●Micro-CapV/CQ版は，標準SPICEとPSpiceのテキスト・ファイルを扱うことができます．また，ワースト・ケースのディレイやハザードの解析に役に立つ，ディジタル回路やディジ/アナ混在回路のシミュレーションもできるようになりました．
●抵抗，コンデンサといった受動部品から，OPアンプ，トランジスタなどの能動部品まで，実用的な部品のほとんどをライブラリ内に収録しています．
●操作途中でも表示できるオンライン・ヘルプが利用でき，取り扱い説明書の内容を補完しています（ただし，英文）．
●解析できる部品数は50，回路のノード数は100程度までです．



■本製品の内容
フロッピ・ディスク 2HD（1.44MB）·2枚
取り扱い説明書（和文，432頁）···1冊
契約書/ユーザ登録はがき ·········1枚
FAX質問用紙 ··················1枚

■動作環境
▶80386，80486，またはPentiumコンピュータ
▶Windows3.1，Windows NT，あるいはWindows95
▶8MBのプログラム・メモリ
ハードディスクの空き容量は8Mバイト以上が必要
▶マウス動作環境が必要
▶VGA以上のディスプレイ・アダプタとモニタ

CQ出版社 〒170-8461 CQ出版株式会社 販売部 ☎(03)5395-2141 振替 00100-7-10665

第2-2章　放送局機器用のディジタル・オーディオ・インターフェース規格
DAI

〈名称〉
Digital Audio Interface
〈発行日〉
1992.3
〈発行者〉
日本電子機械工業会（EIAJ）
〈仕様書〉
EIAJ CP-1201 ディジタルオーディオインターフェース
〈情報入手先〉
http://www. eiaj. or. jp

VTRの音声をPCM化することからオーディオのディジタル化が始まる

オーディオ信号のディジタル化は，1970年代の後半にVTRを利用したPCMレコーダが実現されたのに始まり，放送局用のテープ・レコーダのディジタル化に至っています．また，民生用ディジタル・オーディオ機器としては1982年にCD，1987年にDATの仕様がまとめられ，商品化されてきました．

こうしてディジタル・オーディオ機器が増えてきたことから，機器間でディジタル・データを伝送することも多くなり，インターフェースの標準化が必要になりました．

標準化はまず放送局用機器のインターフェースから始まり，1985年にAES（Audio Engineering Society）とEBU（European Broadcasting Union）によって規格がまとめられ，1986年に**CCIR（現ITU-R）**の国際規格としてRec. 647が制定されました．

このCCIR Rec. 647をもとにして，日本電子機械工業会（EIAJ）では放送局用と民生用を合わせた規格の検討がはじまりました．1987年にEIAJ CP-340規格が制定され，1989年に運用基準としてEIAJ CPX-1201暫定規格が追加されました．また，1989年には放送局用と民生用を合わせた国際規格としてIEC 958が制定されました．

そこで，EIAJではCP-340，CPX-1201，IEC 958を整理，統合した新しい規格として，1992年にEIAJ CP-1201規格を制定しました．

CCIR（現ITU-R）
CCIR（International Radio Consultive Committee）は，ラジオ/テレビ放送や電波利用についての国際標準を制定するために作られた標準化団体．その後，改組されてITU-R（International Telecommunication Unicon Radio Sector）となった．
テレビ/ラジオ放送や電波利用については，一般に各国の政府や政府系機関が法令による管理を行っている．そのため，CCIRの国際標準が直接各国の国内に適用されるというわけではない．CCIRは各国に対する勧告（Recommendation）として標準を制定し，各国がそれに基づいて国内法令を整備するようになっている．

CD，DAT，MD，DCC，PCM機器などをつなぐことが目的

EIAJやIECのディジタル・オーディオ・インターフェースの規格は放送局用と民生用を合わせたものです．ここでは民生用の規格を中心に概要を紹介しますが，仕様には共通部分が多くなっています．放送局用と民生用のもっとも大きな違いと言えるのは，民生用では著作権保護のための情報を含んでいることです．

規格にはデータのフォーマット，電気的仕様，コネクタなどが規定されていま

す．当面は音声データだけですが，将来は音声とは限らず一般のディジタル・データにも拡張できるように仕様が定められています．

①対象とするディジタル・オーディオ機器

現在用いられている民生用のディジタル・オーディオ機器としては，CD，DAT，**MD**，**DCC**をはじめとして，PCMエンコーダ/デコーダ，ディジタル・オーディオ放送受信機，ディジタル・シンセサイザなどさまざまなものがあります．信号のフォーマットも，サンプリング周波数は32 kHz/44.1 kHz/48kHzと分かれており，ビット数も14ビット～20ビットなどさまざまな種類があります．ディジタル・オーディオ・インターフェースの規格はこれらの機器を含み，さらに将来の拡張が可能なように定められています．

②基本的な伝送方式（図2-1）

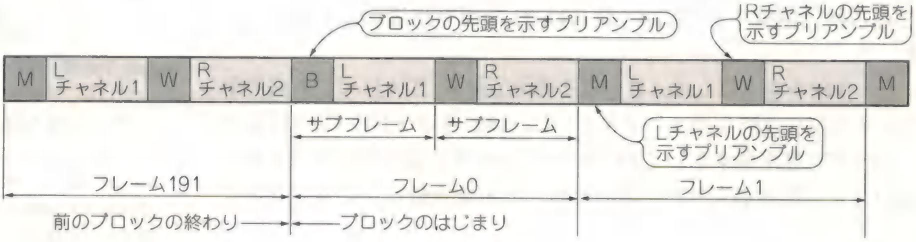
単方向のシリアル・インターフェースで，自己同期方式を採用しています．1対の信号線だけで2チャネル・ステレオのディジタル・オーディオ信号を伝送できます．

伝送はフレーム単位で行い，1回のステレオ・サンプリング・データを1フレームで伝送します．フレームの伝送レートはサンプリング周波数と同じにします．また，192フレームを1ブロックとして伝送が行われます．

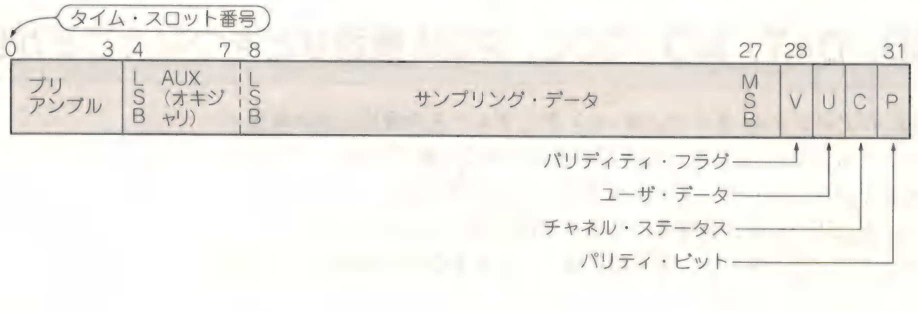
フレームはLチャネル（チャネル1）とRチャネル（チャネル2）の二つのサブフレームから構成され，常にLチャネル，Rチャネルの順で送られます．サブフレームの先頭には同期をとるための**プリアンブル**が付けられます．プリアンブルには，ブロックの先頭を示すBプリアンブル，Lチャネルの先頭を示すMプリアンブル，Rチャネルの先頭を示すWプリアンブルの3種類のパターンがあります．

受信側では，受信データの中にBプリアンブルを検出したら，そこからフレーム0（Lチャネル，Rチャネル），フレーム1（Lチャネル，Rチャネル），…，フ

〈図2-1〉フレームとブロック



〈図2-2〉サブフレームのフォーマット



MD，DCC

MDはMini Disk，DCCはDigital Compact Casetteの略で，低価格で録音可能な民生用ディジタル・オーディオ機器の規格として登場した．それまで，録音可能な民生用ディジタル・オーディオ機器としてはDATがあったが，高品質の音声が得られるかわりに価格が高く，一般にはあまり普及しなかった．

MDはディスク方式の採用により，CDと同様にランダム・アクセスが可能なのが特徴．DCCはカセット・テープ方式を採用し，広く普及しているアナログのコンパクト・カセットとサイズを合わせてあるため，従来のカセット・テープをDCCでも利用できることが特徴．

結果として，MDのほうが市場に受け入れられて広く普及し，DCCはそれほど普及していない

プリアンブル

プリアンブル（preamble）は文書の序文，前文というような意味で一般に用いられている用語．データ伝送では，フレームを送信する前に送られるタイミング情報の部分を一般にプリアンブルと呼んでいる．

レーム 191（L チャネル，R チャネル）の順で 1 ブロックのデータを受信します．

③サブフレームのフォーマット（図 2-2）

サブフレームは 0 ～ 31 の 32 個のタイム・スロットで構成されます．各タイム・スロットの時間の長さは同じです．タイム・スロット 0 ～ 3 はプリアンブル，タイム・スロット 4 ～ 31 はデータやステータスの伝送に当てられます．タイム・スロット 4 ～ 31 では，1 タイム・スロットが 1 ビットに対応します．

1 サブフレームでは 32 個，1 フレームでは 64 個のタイム・スロットを伝送します．すなわち，ディジタル・オーディオ・インターフェースの伝送レートはサンプリング・レートの 64 倍となります．

タイム・スロット 4 ～ 27 の 24 ビットを用いて，最大 24 ビットのサンプリング・データを伝送できます．データのビット数にかかわらず MSB はタイム・スロット 27 で，LSB 以下の空きは 0 で埋めます．たとえば，16 ビット・データの場合はタイム・スロット 27 が MSB，タイム・スロット 12 が LSB で，タイム・スロット 4 ～ 11 は 00000000 となります．

タイム・スロット 4 ～ 7 の 4 ビットは，とくに **AUX**（オキジャリ）と呼ばれます．この 4 ビットはもともと補助情報の領域として定義され，サンプリング・データが 21 ～ 24 ビットの場合に拡張データ領域として利用できます．放送局用では AUX を用いて 24 ビットまでのデータを伝送できます．民生用では当面は AUX を使用せず，20 ビットまでのデータを扱うことになっています．

タイム・スロット 28 はバリディティ・フラグで，そのサブフレームのデータが有効なときは 0，無効なときは 1 を送ります．ポーズや補間時など有効なデータを伝送できないときに使います．また，民生用は 2 チャネル・ステレオが前提ですが，放送局用では 1 チャネルだけのデータの場合もあり，そのときは不要チャネル側のサブフレームはすべてバリディティ・フラグ =1 とします．

タイム・スロット 29 はユーザ・データです．このビットはもともとユーザの独自情報の領域として定義されています．EIAJ では CD，DAT などの機器の種類ごとにユーザ・ビットの使い方を定めており，規格の附属書に記載しています．

タイム・スロット 30 はチャネル・ステータスです．このビットはもともとサンプリング・データ長，サンプリング周波数，チャネル数，プリエンファシスなどサンプリング・データの属性の領域として定義されたものです．チャネル・ステータスは 192 ビットの情報からなり，それを 1 フレームごとに 1 ビットずつ順次送り，1 ブロックで 192 ビットすべて送信できます．なお，L チャネルのサブフレームでは L チャネルのチャネル・ステータス，R チャネルのサブフレームでは

AUX

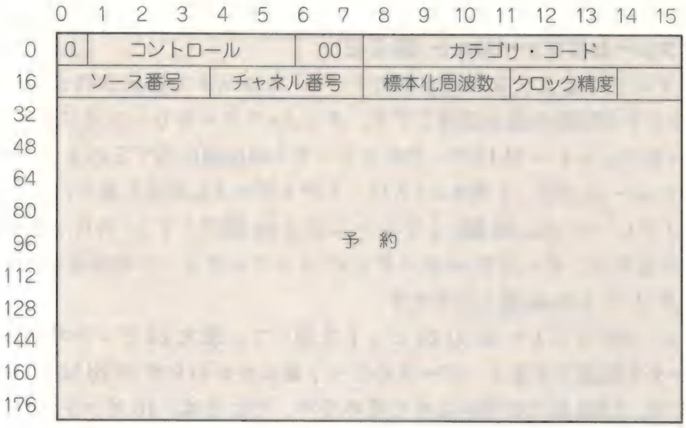
auxiliary は補助のとか予備のという意味の単語で，英語ではしばしば使われる．とくに，オーディオ機器などでは以前から補助入出力端子を AUX と呼んでいた．

意味はよくわかるのだが，日本人からすると発音しにくいのが困ったところ．発音記号からするとオーグジリャリとでもいったところか．EIAJ では，思い切り簡略化してオキジャリと呼んでいる．

AUX だったら，エーユーエックスと呼ぶのがいちばんわかりやすいだろう．

トランジスタ技術 SPECIAL No.61　エレクトロニクスの基礎と実用技術を濃縮したフィールド・ワーク・マガジン
B5 判　176 頁
定価 1,840 円（税込）
特集　モータ制御 & メカトロ技術入門
いろいろなモータとその駆動法を理解しよう
CQ出版社　〒170-8461　東京都豊島区巣鴨 1-14-2
販売部　☎(03) 5395-2141　振替 00100-7-10665

〈図 2-3〉 チャネル・ステータス



Lチャネルのチャネル・ステータスを送ります．ステータスの内容は，Lチャネルも R チャネルも基本的に同じです．

タイム・スロット 31 はパリティ・ビットです．タイム・スロット 4 ～ 30 の 27 ビットに対して偶数パリティを付加します．すなわち，タイム・スロット 4 ～ 31 の 28 ビットの中で，0 の数と 1 の数はともに偶数になります．

④チャネル・ステータスのフォーマット（図 2-3）

チャネル・ステータスは 192 ビットの情報からなります．

ビット 0 ～ 5 はコントロール部で，用途（民生用か放送局用か），データの種類（オーディオか一般か），**著作権保護**（保護が必要かどうか），オーディオ・データの種類（チャネル数やプリエンファシス）などを示します．

著作権保護
ユーザが自身で録音したデータのように無制限にコピーが許されるデータか，市販の音楽 CD のようにコピーが制限されるデータかを示すもの．

ビット 6 ～ 7 はモード部で，当面はモード =00 しか使いません．

ビット 8 ～ 15 はカテゴリ・コード部で，機器の種類に応じたコードが定められています．ただし，ビット 15 だけはとくに L ビットと呼ばれ，そのデータがオリジナル・データであるか，コピーされたデータであるかを示します．

ビット 16 ～ 19 はソース番号で，同一カテゴリの機器が複数台接続されているときに，機器を識別するために用いられます．

ビット 20 ～ 23 はチャネル番号で，ディジタル・オーディオ・インターフェースのチャネルの種別を示します．

ビット 24 ～ 27 はサンプリング周波数で，32 kHz，44.1 kHz，48 kHz の 3 種類が規定されています．

ビット 28 ～ 29 はクロック精度で，標準，可変，高精度の 3 種類が規定されています．

ビット 30 ～ 191 は将来の拡張用として予約されています．当面は，すべて 0 とします．

NRZ 信号
TTL や CMOS などのロジック信号のように，信号のとる状態が Lo と Hi の 2 値だけであるような信号を NRZ（Non Return to Zero）信号と呼ぶ．
同じ 2 値論理でも，Lo と Hi の 2 値のほかにゼロ（アイドル）の状態をもち，Lo → Hi, Hi → Lo の変化の過程でかならずいったんゼロに戻るような信号を RZ（Return to Zero）信号と呼ぶ．

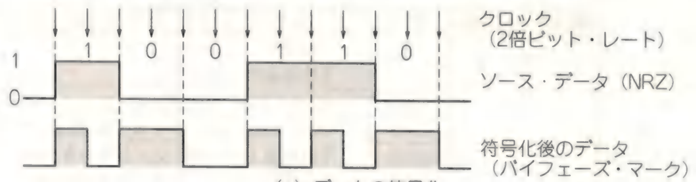
⑤符号化とプリアンブル（図 2-4）

自己同期方式のため，各サブフレームのタイム・スロット 4 ～ 31 はかならずクロック成分を含むように符号化して伝送されます．符号化の方法は，**NRZ 信号**の 1 ビット時間を前半と後半に分割して，ビット前半は先行ビットの反転として，ビット後半はデータ =0 なら前半と同じ，データ =1 なら前半の反転とします．このように符号化すれば，ビットの最初にかならず立ち上がりか立ち下がりのエ

〈図 2-3〉チャネル・ステータス（続き）

■コントロール		
ビット0	0	民生用
	1	放送局用
ビット1～5	0x000	2チャネル・オーディオ（プリエンファシスなし）
	0x100	2チャネル・オーディオ（50/15μsプリエンファシス）
	0x010	未規定（プリエンファシスつき2チャネル・オーディオ）
	0x110	未規定（プリエンファシスつき2チャネル・オーディオ）
	0xxx1	未規定（4チャネル・オーディオ）
	1x000	ディジタル・データ
	x0xxx	著作権保護が必要
	x1xxx	著作権保護は不要
■モード		
ビット6～7	00	モード0
■カテゴリ・コード		
ビット8～15	00000000	汎用，ただし限定的に使用
	100xxxxL	光ディスク機器
		1000000L　CD（IEC 908）
		1001000L　その他の光ディスク
		1001001L　MD
	010xxxxL	ディジタル-ディジタル変換器，信号処理装置
		0100000L　PCMエンコーダ/デコーダ
		0100100L　ディジタル信号ミキサ
		0101100L　サンプルレート変換器
		0100010L　ディジタル・サウンド・サンプラ
	110xxxxL	磁気テープ，磁気ディスク機器
		1100000L　DAT
		1101000L　VTR（ディジタル音声）
		1100001L　DCC
	0x1xxxxL	ディジタル・オーディオ放送受信
		0010000L　日本の放送受信
		0011000L　欧州の放送受信
		0010011L　米国の放送受信
		0010001L　ソフトウェア電子配信
	101xxxxL	楽器，マイクロフォンなど
		1010000L　シンセサイザ
		1011000L　マイクロフォン
	01100xxx	A-Dコンバータ（著作権情報なし）
		0110000x　A-Dコンバータ
	01100xxL	A-Dコンバータ（著作権情報あり）
		0110100L　A-Dコンバータ
	0001xxxL	固体メモリ機器
	0000001L	商用でない実験機器
■ソース番号		
ビット16（LSB）～19（MSB）	0000	指定なし
	1000	1
	0100	2
	1100	3
	～	
	1111	15
■チャネル番号		
ビット20（LSB）～23（MSB）	0000	指定なし
	1000	ステレオLチャネル
	0100	ステレオRチャネル
■サンプリング周波数		
ビット24（LSB）～27（MSB）	0000	44.1kHz
	0100	48kHz
	1100	32kHz
■クロック精度		
ビット28（LSB）～29（MSB）	00	標準モード（レベルII）
	01	可変ピッチ・モード（レベルIII）
	10	高精度モード（レベルI）

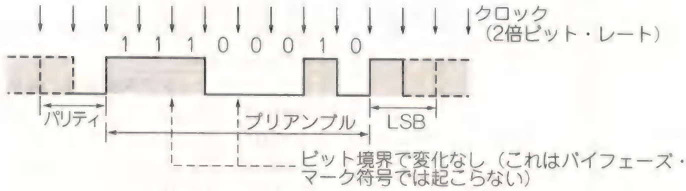
〈図 2-4〉符号化とプリアンブル



(a) データの符号化

プリアンブル	チャネル・コーディング	
	先行シンボル：0	先行シンボル：1
B	11101000	00010111
M	11100010	00011101
W	11100100	00011011

(b) プリアンブルのパターン



(c) プリアンブルの波形例（M：11100010）

ッジを生じるので，そのエッジを抽出して受信クロックを生成できます．また，ケーブルの極性を逆に接続しても 0，1 を正しく判定できる特徴もあります．この方式を，規格書では**バイフェーズ・マーク方式**と呼んでいます．

このように符号化することによって，タイム・スロット 4 ～ 31 の電圧信号はビット・レートの 2 倍のレートで変化し，タイム・スロット境界とタイム・スロット中央で電圧の変化が起こります．

一方，タイム・スロット 0 ～ 3 のプリアンブル部は，このような符号化を行いません．そのかわり，4 個のタイム・スロットの時間をそれぞれ前半と後半に分け，8 ビットのプリアンブル・パターンを送ります．結果として，プリアンブル部もタイム・スロット境界とタイム・スロット中央で電圧の変化が起こり，見かけ上バイフェーズ・マーク符号化と類似した電圧変化のパターンとなります．しかも，プリアンブル部のパターンは実際にはバイフェーズ・マーク符号化では発生しないパターンとなるように選ばれており，受信側ではプリアンブルを容易に検出できます．

⑥伝送ラインの仕様（図 2-5）

ディジタル・オーディオ・インターフェースでは，平衡型ライン伝送，不平衡型ライン伝送，光ファイバ伝送の 3 種類の伝送方式を規定しています．このうち，光ファイバ伝送については付属書に記述されています．

平衡型ライン伝送は主として放送局用に用いられるもので，CCITT V. 11（EIA-422）とほぼ同等の仕様です．グラウンド・ループによるハムを防ぐため，ドライバ側，レシーバ側ともトランス絶縁とコンデンサによる交流結合を推奨しています．

民生用には，主として不平衡型ライン伝送と光ファイバ伝送が用いられます．

不平衡型ライン伝送は 75 Ω シールド線を用いるもので，出力インピーダンス，

バイフェーズ・マーク方式

バイフェーズ（bi-phase）とは二つの位相という意味であり，もともと単一周波数で 0°（正位相）と 180°（逆位相）の 2 種類の位相の信号によってデータの 0，1 を表す伝送方式をさす用語．

DAI で用いているバイフェーズ・マーク方式は，位相の違いでデータの 0，1 を表しているわけではなく，低周波と高周波の 2 種類のパルスでデータの 0，1 を表している．したがって，バイフェーズではなくて，バイフリークエンシ（bi-frequency）方式と呼ぶべきもの．

しかし，EIAJ の元となった AES/EBU や CCIR 規格でバイフェーズ・マーク方式という名称を付けたため，後の規格でもそれに従っている．

プラスチック・ファイバ

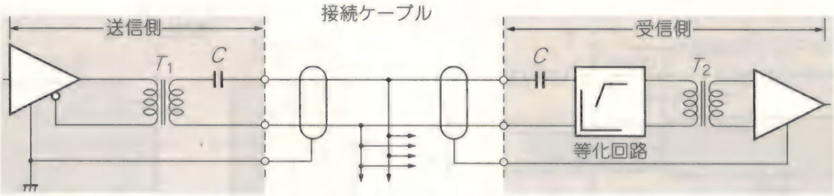
オーディオ機器を接続して信号をやり取りするとき，二つの機器のグラウンドがつながってグラウンド・ループができると，ハムやノイズが発生する．それを防ぐために，電気ケーブルで接続する場合はかならずトランスなどで絶縁が必要．

ディジタル・オーディオ信号の場合は，電気ケーブルのかわりに光ファイバで接続すれば，簡単に絶縁伝送ができる．また，光ファイバには外部からのノイズを防ぐという利点もある．

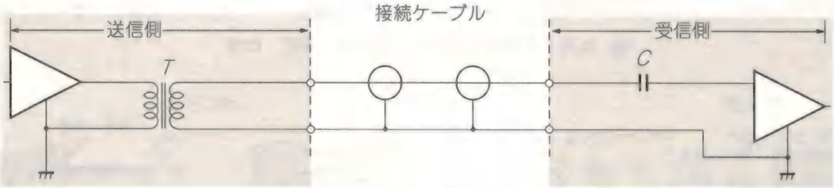
本格的な光ファイバ伝送は，石英ガラス製の光ファイバを用いて行う．石英ガラスは光の減衰がきわめて小さく，きわめて長距離，高速の伝送ができるが，高価なことや，曲げに弱く折れやすいなどの欠点がある．

ディジタル・オーディオ信号の伝送には，石英ガラスのかわりにプラスチックを使ったプラスチック・ファイバが用いられる．プラスチック・ファイバは光の減衰が大きいため，通常は数十 cm 以内の用途に限られる．そのかわり軽くて丈夫で扱いやすく，価格も安くできる．

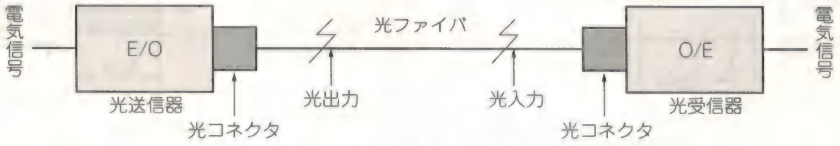
〈図 2-5〉 伝送ラインの仕様



(a) 平衡型ライン伝送の推奨回路



(b) 不平衡型ライン伝送の推奨回路



(c) 光ファイバ伝送の構成

負荷インピーダンスとも 75 Ωとして整合をとります．ドライバの出力信号レベルは 75 Ω負荷に対して 0.5 $V_{p\text{-}p}$ ± 20%，レシーバの入力信号レベルは 0.2 $V_{p\text{-}p}$ です．グラウンド・ループによるハムを防ぐため，ドライバ側はトランス絶縁，レシーバ側はコンデンサによる交流結合を推奨しています．

光ファイバ伝送は主として**プラスチック・ファイバ**を用いるもので，ピーク発光波長は 660 nm です．

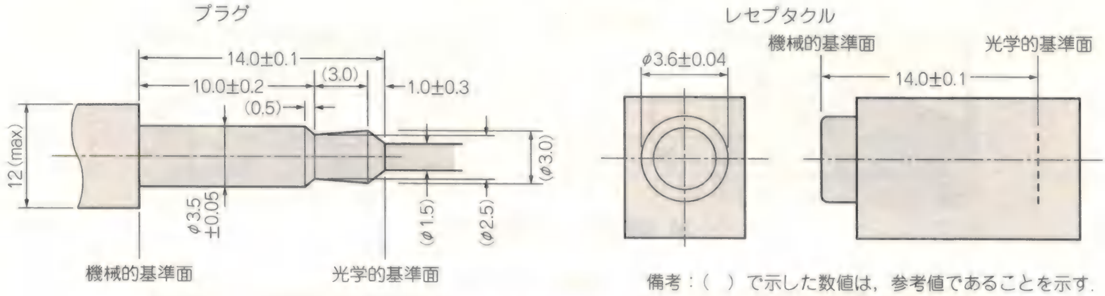
⑦コネクタの仕様（図 2-6）

不平衡型ライン伝送のコネクタは，IEC 268-11 で規定されたピン・プラグ，ピン・ジャックを用います．また，光ファイバ伝送のコネクタは，EIAJ RC-5720（ディジタル・オーディオ機器用光コネクタ）で規定された光コネクタを用います．

いずれの場合も，ディジタル出力，ディジタル入力の表示を明記しなければならないと定められています．

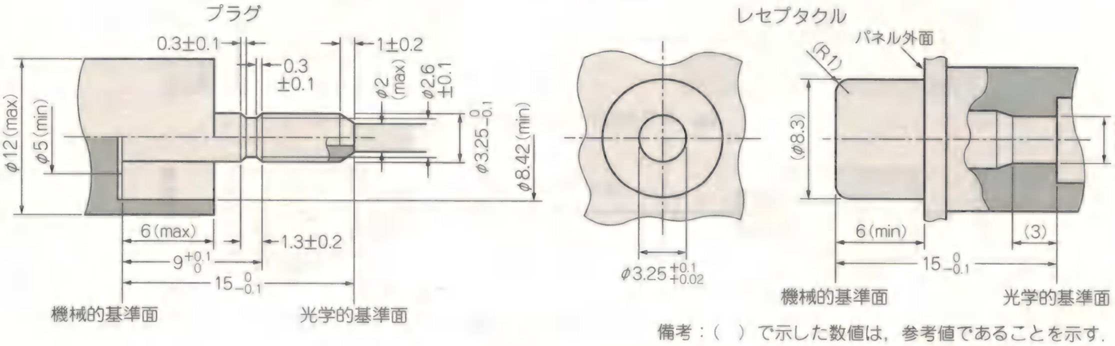
トランジスタ技術 SPECIAL
エレクトロニクスの基礎と実用技術を凝縮したフィールド・ワーク・マガジン
B5 判　160 頁
定価 1,835 円（税込）
No.53
特集　パソコンによる計測・制御入門
研究室や実験室で必要なデータ収集のノウハウを基礎から解説
CQ出版社
一般的にパソコンのアプリケーションといえば，文書の作成や編集，表計算などです．ところが，産業・研究分野においては，試験装置や実験装置，あるいは産業・環境設備などの用途にコンピューティング・ニーズが発生します．いまもっとも不足しているのが，そうしたパソコンや計測機器を用いて簡易的に，また，容易にシステムを構築するノウハウや情報です．そこで，本書は実験室で計測・制御を実践するための方法を，その考え方から，機器の選択の仕方，データのまとめ方までをやさしく解説します．

〈図 2-6〉コネクタの仕様



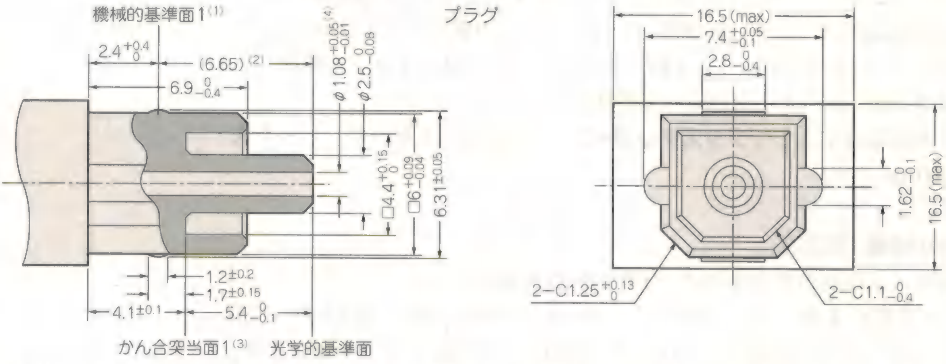
備考：（ ）で示した数値は，参考値であることを示す．

(a) 丸形 I の構造と形状および寸法（単位：mm）

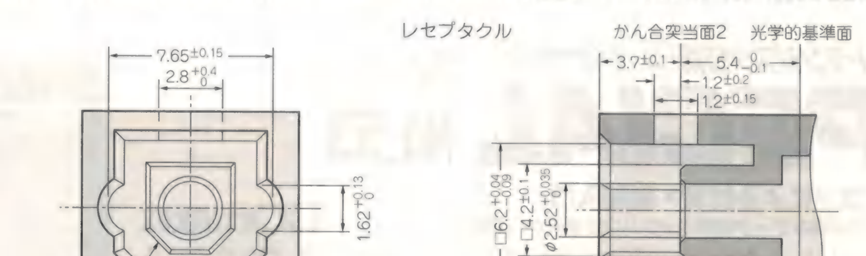


備考：（ ）で示した数値は，参考値であることを示す．

(b) 丸形 II の構造と形状および寸法（単位：mm）

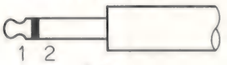
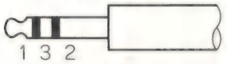


注(1)　機械的基準面は，JIS F05形CNF05PANで規定されるアダプタの機械的基準面2に対応する機械的基準面である．
注(2)　この寸法は，相手方光コネクタと結合され，光学的接続状態における機械的基準面1からフェルール端面までの設計上の距離であって，測定の対象としない．
注(3)　かん合突当面1は，レセプタクルのかん合突当面2に対応する面である．
注(4)　この寸法は，使用する光ファイバ・コードがJIS C 6820で規定されるOFC2.2-PSI-980/1000の場合の寸法である．



(c) 角形の構造と形状および寸法（単位：mm）

〈図 2-6〉コネクタの仕様（続き）

IEC型名	コネクタの種類		応用
130-8 IEC-xx  1 2 6.3mm	ピン・コネクタ（プラグ）	フリー	ラウド・スピーカ, ヘッドホン, マイク, 延長コード
	ソケット・コネクタ（ジャック）	固定	装置に実装： ラウド・スピーカの出力, ヘッドホンの出力, マイクの入力
	ソケット・コネクタ	フリー	延長コード
130-8 IEC-yy  1 3 2 6.3mm	ピン・コネクタ（プラグ）	フリー	ヘッドホン：延長コード
	ソケット・コネクタ（ジャック）	固定	装置に実装：ヘッドホンの出力
	ソケット・コネクタ	フリー	延長コード
130-8 IEC-01 1 2 ミニチュア3.5mm	ピン・コネクタ（プラグ）	フリー	ラウド・スピーカ, イアホン, ヘッドホン, マイク, テープレコーダの音声信号
	ソケット・コネクタ（ジャック）	固定	装置に実装： ラウド・スピーカの出力, イアホンの出力, ヘッドホンの出力, マイク入力, テープレコーダの音声入出力
130-8 IEC-pp 132 ミニチュア3.5mm	ピン・コネクタ（プラグ）	フリー	ヘッドホン
	ソケット・コネクタ（ジャック）	固定	装置に実装：ヘッドホンの出力
130-8 IEC-02 1 2 サブミニチュア2.5mm	ピン・コネクタ（プラグ）	フリー	イアホン： マイクのリモコン用ON/OFF スイッチ （3.5mm ミニチュア・コネクタと）
	ソケット・コネクタ（ジャック）	固定	装置に実装： イアホンの出力, マイクのリモコン入力 （3.5mm ミニチュア・コネクタと）
130-8 IEC-zz 1 2 フォノ3.2mm	ピン・コネクタ	フリー	オーディオ信号の入出力
	ソケット・コネクタ	固定	装置に実装： オーディオ信号の入出力

（d）コネクタのタイプ

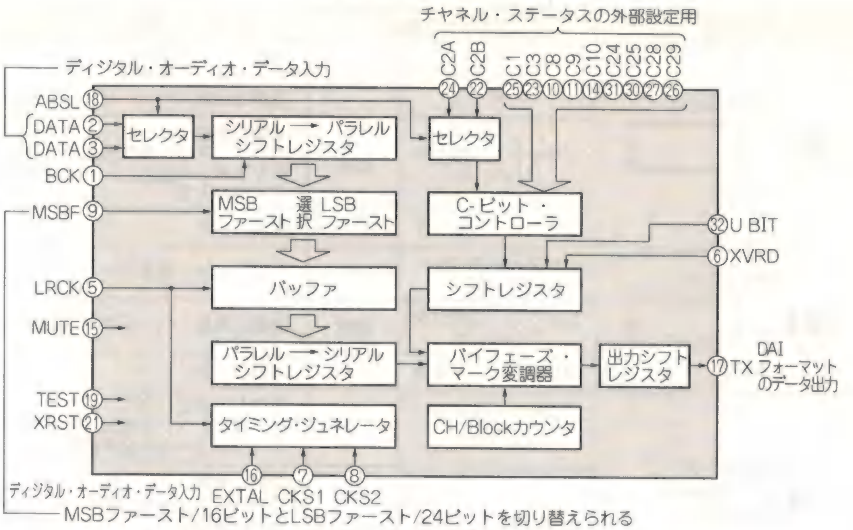
⑥ DAI の回路例（図 2-7）

CD, DAT, 衛星放送などの PCM ディジタル音声のフォーマットは, 同じディジタル・オーディオ信号といっても, 少しずつ違っています. 共通と言えるのは, 2 の補数で直線的にディジタル化（A-D 変換）を行うことぐらいで, サンプリング周波数は 32 kHz, 44.1 kHz, 48 kHz とばらばらで, データ・ストリームは MSB ファーストと LSB ファーストの両方が混在しています.

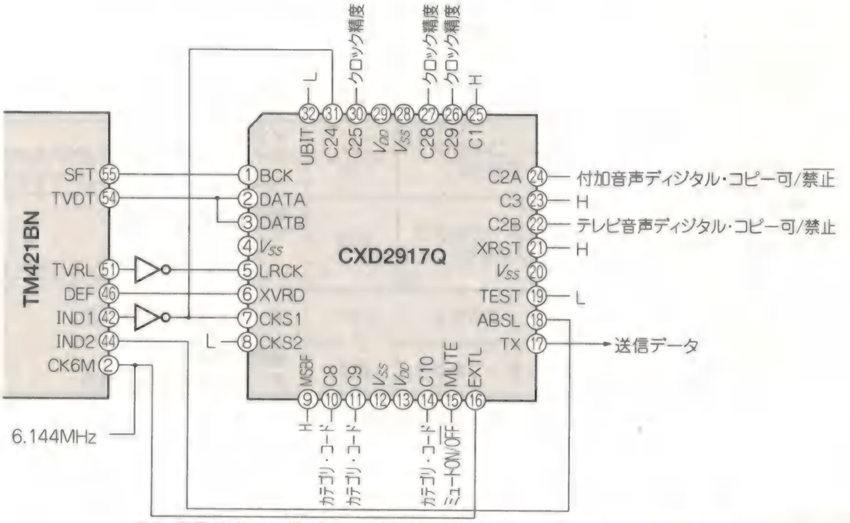
そのため, これらの機器を DAI で接続するためには, 機器固有のフォーマットと DAI フォーマットを変換する必要があります. また, DAI では音声データとともにチャネル・ステータスを送りますから, それを生成したり, 解釈することも必要になります. 一般には, このようなフォーマット変換やチャネル・ステータス生成をまとめて行ってくれる専用のインターフェース IC を利用することができます.

DAI への変調/送信を行う専用 IC の CXD2917Q を用いた回路例を**図 2-7** に示します.

〈図 2-7〉 DAI の回路例



(a) DAI変調/送信用IC CXD2917Qのブロック図

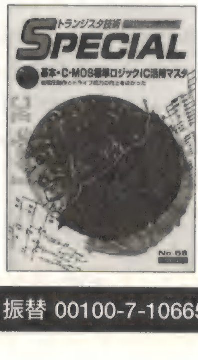


(b) 衛星放送受信機用音声信号処理ICTM4218N (東芝) との接続例

トランジスタ技術 SPECIAL No.58

エレクトロニクスの基礎と実用技術を満載したフィールド・ワーク・マガジン

B5判 176頁
1,840円 (税込)



特集 基本・C-MOS 標準ロジック IC 活用マスタ

半導体メーカーが販売するチップ・セットを使い，ソフト的に独自機能を追加するという設計方法が一般的です．ロジック回路では依然として標準ロジックICを使うところは残っていて，CPUとメモリ，ASICとメモリ，ASICと外部ケーブル・インターフェース，機構部品コントローラ駆動回路，画像表示コントローラ駆動回路などの間で活躍しています．これら基本的な知識をわかりやすく紹介します．

CQ出版社 〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2 販売部 ☎(03)5395-2141 振替 00100-7-10665

第2-3章　世界的に見れば少数派の日本のテレビ信号規格

NTSC

〈名称〉

NTSC

〈発行日〉

1953

〈発行者〉

NTSC (National Television System Committee)

テレビ放送の歴史が物語る放送規格の違い

NTSCは1953年にアメリカのNational Television System Committee（米国テレビジョンシステム委員会）で作られたカラー・テレビ放送の規格です．北アメリカや日本，韓国などではNTSCを採用していますが，世界的に見ればNTSCはむしろ少数派です．カラー・テレビ放送の規格としてはほかにPALやSECAMがあり，西ヨーロッパ（フランスを除く）やアジア，南アメリカではPAL，フランス，東ヨーロッパや中近東，アフリカでは**SECAM**が普及しています．NTSC，PAL，SECAMは基本的な方式は共通点が多いのですが，互換性はなく，それぞれ専用の受像機でないと画像を表示できません．

白黒テレビ放送の歴史はヨーロッパから始まり，ドイツ，イギリス，フランスなどで第二次世界大戦前から走査線180本，405本，441本などさまざまな方式で放送を始めていました．垂直同期周波数はいずれも50 Hzで，2:1インタレース（飛び越し走査）によって毎秒25フレームの画面を表示します．一方，アメリカでも少し遅れて，走査線525本，垂直同期周波数60 Hz，2:1インタレースの方式で白黒テレビ放送を始めました．画面の表示は毎秒30フレームです．

垂直同期周波数がヨーロッパ系の50 Hzとアメリカの60 Hzに分かれたのは，商用電源の周波数としてヨーロッパで50 Hz，アメリカで60 Hzを用いていたためです．初期のテレビ受像機では，回路構成を簡単にするため電源周波数と垂直同期周波数を一致させていました．この違いが，現在まで続くテレビ方式の違いのそもそもの原因といえます．画像のちらつきなどの視覚特性から言えば，毎秒25フレームでも毎秒30フレームでもほとんど変わりありません．

第二次世界大戦後，アメリカではいくつかの異なる方式によるテレビ放送のカラー化が提案されましたが，その中から現在のNTSC方式が採用されました．NTSCは走査線525本，垂直同期周波数60 Hz，2:1インタレースを採用し，白黒テレビ放送と互換性をもちます．カラー画像の表示にはRGBの3原色の色情報が必要ですが，NTSC信号では従来の白黒テレビ信号（輝度信号）に2次元の色信号を多重化することにより，単一の信号（コンポジット信号）でカラー・テレビ放送を実現しています．日本でもアメリカと同じ方式によって，白黒テレビは1953年から，カラー・テレビは1960年から放送を開始しました．

ヨーロッパでは，戦後になって各国間の交流が緊密になるとともに白黒テレビ方式の統一の要求が高まり，走査線625本，垂直同期周波数50 Hzの方式に統一

SECAM

原語はフランス語で，SEquentiel Couleur A Memoiveの略．ソ連で採用されたことから，東ヨーロッパなどの共産圏諸国で次々に採用された．なぜソ連が独自方式を開発せず，SECAMを採用したのかは不明．また，中近東やアフリカでは，かつてフランスの植民地にされていた諸国で多く採用された．

もっとも，これはPALについても同様で，かつてイギリスやドイツの植民地にされていた諸国で多く採用されているようだ．

NTSCが少数派なのは，歴史的な意味でのアメリカの影響力が決して強くなかったことを物語っているのかもしれない．

されました．この白黒テレビ放送の時代が長く続き，カラー化はアメリカや日本より遅れました．その後，イギリスやドイツがPAL方式，フランスがSECAM方式を開発してカラー・テレビ放送を開始しました．PALとSECAMはどちらも走査線625本，垂直同期周波数50 Hz，2:1インタレースの方式ですが，色信号の扱い方が異なります．

NTSCは輝度信号と同じ帯域に色信号を多重化しており，干渉や色ひずみなどの画質低下が問題になっていました．PALとSECAMはNTSCよりも後に開発されたことから，新しい画質改善の技術が導入されています．PAL (Phase Alternation by Line)，SECAM (SEquential Color of Memory) という名称は，いずれもその画質改善の方式に由来するものです．

PALでは1ラインごとに色信号の位相を反転させて伝送し，受信側で1ライン遅延させた色信号と合成する技術を用いています．また，SECAMでは2次元の色信号を1ラインごとに交互に伝送し，受信側でメモリを用いて2ライン分の信号をまとめて画像を再生する技術を用いています．フランスがこの技術にこだわったことが，ヨーロッパでカラー・テレビ方式を統一できなかった原因と言われています．

NTSC，PAL，SECAMなど各国で用いられているテレビ放送規格の詳細は，CCIR (現ITU-R) のレポート624-4 (最新版は1990年発行) にまとめられています．なお，CCIRでは525/60方式をM方式と呼び，625/50方式を細部の違いによりN，B，G，H，I，D，K，K1，Lなどの方式に細分化しています．また，色信号の扱い方の違いをNTSC，PAL，SECAMという名称で示します．すなわち，アメリカや日本のテレビ放送規格はM/NTSCと呼ばれます．

NTSCに対応したスタジオ用機器向けの仕様としては，正式の規格ではありませんが一般に**RS-170A**が用いられています．RS-170AはEIAの規格案としてまとめられたもので，放送用の規格よりもパルス幅などのタイミングが厳格に定められています．また，日本の放送局向けのテレビ放送規格は，電波法および無線設備規則で詳細が定められています．

RS-170A

EIA (Electronic Industries Association) はアメリカの電子機器メーカの団体で，さまざまな規格を作っている．EIAの規格はRecommended Standard (推奨標準) と呼ばれており，以前はRS-xxxという規格名が付けられていた．xxxは規格の通し番号．現在ではxxxの番号の部分はそのままで，EIA-xxxという規格名に変わってきている．

RS-170AはEIAの規格案として作られ，公開された．結局正式の規格としては採用されなかったが，仕様はきちんと規定されているので，スタジオ機器などのメーカでは事実上の標準として利用している．

なお，EIAは最近になってElectronic Industries Allianceと名称を改めた．EIAという略称は変わらない．

白黒放送と互換性をもたせたカラー放送規格

NTSCでは，白黒テレビ信号 (輝度信号＋同期信号) に色信号を多重化することにより，単一の信号でカラー画像を表示するコンポジット (複合) 方式を採用しています．それによって，1チャネルの電波ですべてのビデオ信号を送れますが，受信側では受信した信号を同期信号，輝度信号とカラー信号に分離する必要があります．

それに対して，RGBの3次元の情報をそれぞれ独立の信号で表示する方式を**コンポーネント**方式と呼びます．スタジオ用VTRなどの高画質ビデオ信号やパソコンのモニタでは，多重化や分離の必要がないコンポーネント信号が用いられています．

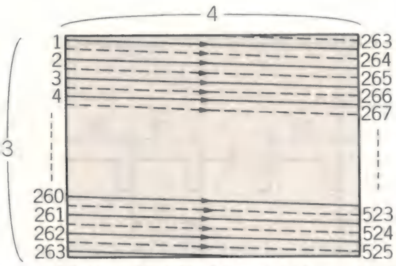
コンポーネント

個々の要素を組み立てて構成するという意味で，一般にもしばしば使われる用語．

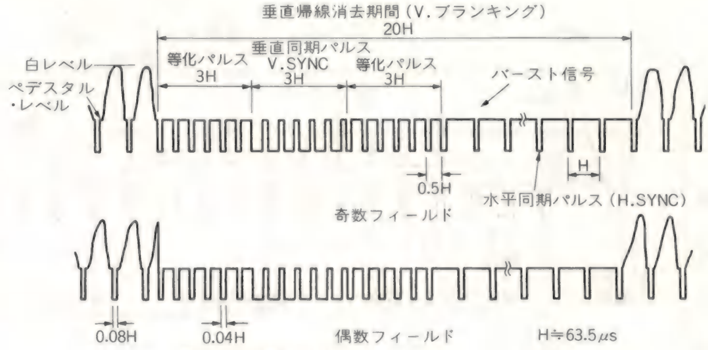
①テレビ放送の基本方式 (図3-1)

現行のテレビ画面は水平/垂直比 (アスペクト比と呼ぶ) 4:3の長方形で，この画面上を水平方向に左から右に連続的に走査することによって1ラインの画像を表示し，画面の上から下に向かって水平走査を繰り返すことによって2次元画像を表示します．受像機では，**電子銃のビームをブラウン管に衝突させて輝点を表示し**，ビームに**水平方向の磁界をかけて**左から右に輝点を移動させることによっ

〈図 3-1〉画面の走査



(a) 飛び越し走査（2:1インタレース）



(b) NTSCの同期信号

て走査線を表示します（水平偏向）．さらに，**垂直方向の磁界をかけて**上から下に順次走査線を表示します（垂直偏向）．

走査線の表示は1回目は奇数番目だけ，2回目は偶数番目だけというように1本おきに行うことにより，1回の垂直走査（1フィールド）では画面は間引き表示されます．2回の垂直走査によって，完全な1画面分（1フレーム）の走査線が表示されます．これは2:1インタレース方式と呼ばれ，各回の垂直走査では走査線数の1/2だけを表示すればよいので，低い水平周波数で多数の走査線を表示できます．

525/60方式でも625/50方式でも走査線数は奇数のため，1フィールドの走査線には0.5本分の端数が出ます．そのため，奇数フィールドの最後の走査線は画面の半分で終わり，偶数フィールドの最初の走査線は画面の半分から始まります．

テレビ信号には，水平走査のタイミングを決める水平同期信号と，垂直走査のタイミングを決める垂直同期信号の2種類の同期信号が含まれます．ある水平同期信号から次の水平同期信号までの1周期（1H）の信号が，1ラインの画像情報（輝度信号）となります．ある垂直同期信号から次の垂直同期信号までの1周期（1V）の間に，走査線の本数の1/2回分の水平同期が繰り返され，1フィールドの画像情報となります．走査線をN本とすると，水平周期と垂直周期の関係は，

$$V = H \times N/2$$

水平同期周波数f_Hと垂直同期周波数f_Vの関係は，

$$f_H = f_V \times N/2$$

となります．

各回の水平走査を行うごとに，画面の左端から右端まで走査した電子銃のビームが左端に戻るための時間が必要です．これを水平帰線期間（水平ブランキング）と呼び，この間は輝点が消去されるようになっています．また各回の垂直走査を行うごとに，画面の上端から下端まで走査したビームが上端に戻るための時間が必要です．これを垂直帰線期間（垂直ブランキング）と呼び，この間の走査線は画面に表示されないようになっています．水平同期信号や垂直同期信号は，画面に表示されないように，それぞれ水平帰線期間や垂直帰線期間に含まれるようになっています．

② NTSC信号のフレーム構成（図 3-2）

NTSC方式では，1回の垂直走査（1V）で525/2 = 262.5H分の水平走査を行います．すなわち奇数フィールドは1Hから262Hまで水平走査を行い，さらに

電子銃のビームをブラウン管に衝突させて輝点を表示し

ブラウン管は真空管の一種で，カソードをヒータで加熱することによって熱電子を放出させ，グリッドに電圧をかけることによって熱電子を加速してビーム状の電子の流れを作る．この電子がブラウン管の蛍光面に衝突すると，光を発生する．

グリッド電圧でビームの強さをコントロールすることによって，輝点の明るさ（輝度）を変化させることができる．

水平方向の磁界をかけて

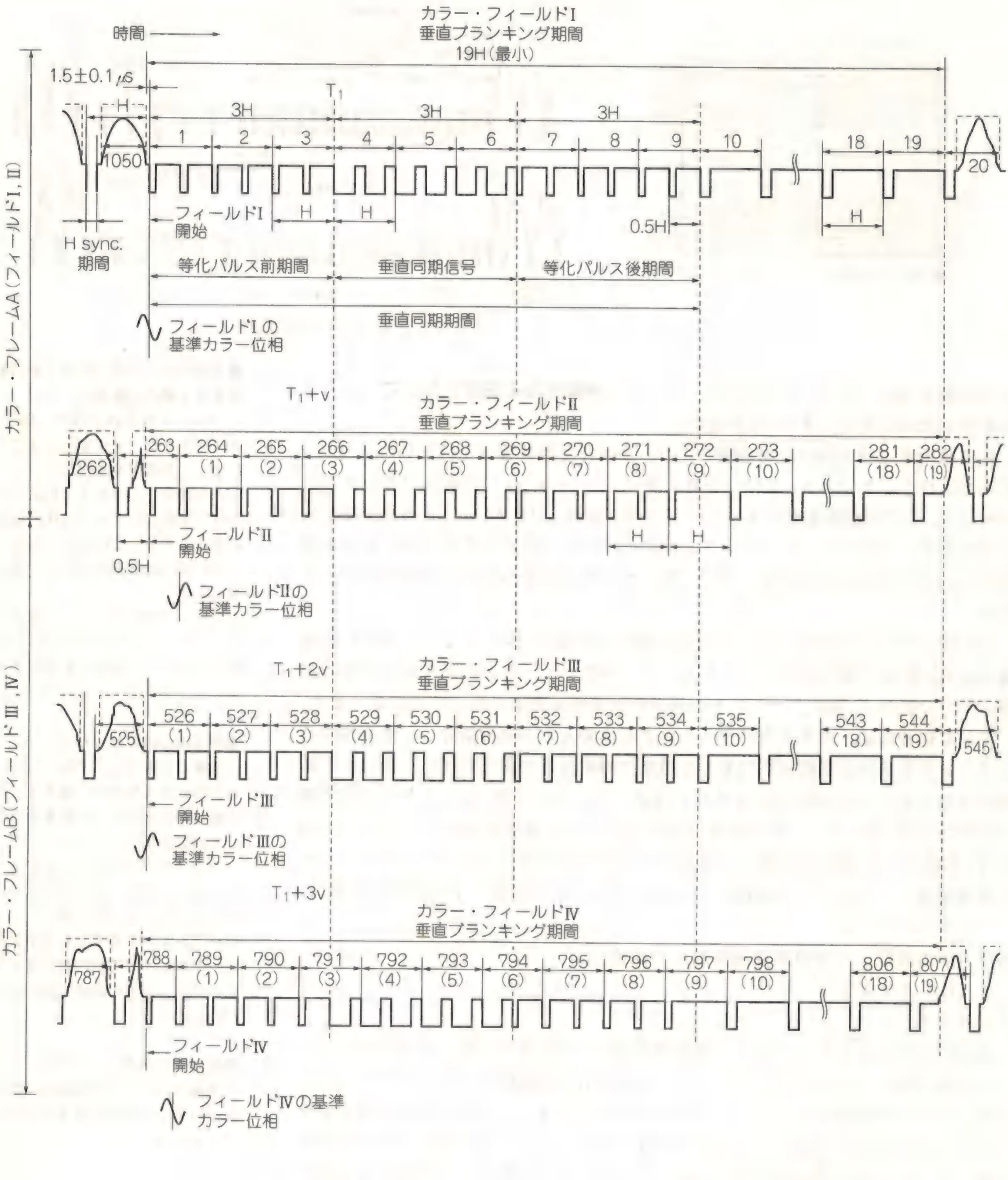
正確に言えば，水平偏向はビームの向きを水平方向に変えるための磁界のことだが，磁界そのものの方向は垂直．

フレミングの法則が示すように，電流，磁界，力の向きはそれぞれ90°異なる．電子銃のビームは空間を流れる電流と見なせるので，それに水平方向の力を加えるためには，磁界の向きは垂直でなければならない．

垂直方向の磁界をかけて

正確に言えば，垂直偏向では磁界そのものの方向は水平にかけることが必要．

〈図 3-2〉NTSC 信号の構成



0.5 H 分を走査して 263 H 目の中央で終わります．偶数フィールドは 263 H 目の中央から 0.5 H 分走査し，その後で 1 H (奇数フィールドの 264 H 目に相当) から 262 H (奇数フィールドの 525 H 目に相当) まで走査します．

各フィールドの最初の 20 H (日本では 21 H) 分が垂直ブランキングとなります．

垂直ブランキングの先頭の 3 H 分は等化パルス前期間，次の 3 H 分は垂直同期信号，次の 3 H 分は等化パルス後期間と呼ばれ，この 9 H 分の期間で垂直同期をとります．この期間は，奇数フィールドも偶数フィールドでも同じように 0.5 H

ごとの同期パルスが得られるように，水平同期パルスの中央に等化パルスが挿入されます．垂直同期信号の3Hだけ同期パルスの極性が反転され，受信側で垂直同期を検出できるようになっています．

垂直ブランキングの残りの期間は空き時間であり，文字放送などの情報を送ったり，スタジオ用VTRのタイム・コードを書き込むのに利用されています．

輝度信号だけで考えれば，NTSC信号はこのように奇数フィールドと偶数フィールドの2フィールドごとの繰り返しとなります．しかし，色信号を考えると，ある2フィールドと次の2フィールドは異なる性質をもっています．

NTSC信号では色信号を位相変調して輝度信号に多重化します．色信号の基準となる**カラー・サブキャリア**（色副搬送波）の周波数f_{SC}を水平同期周波数f_Hの455/2倍に選んであるため，カラー・サブキャリアの位相は1Hごとに反転します．

したがって，1フィールド目の奇数フィールドと，その525H後にくる3フィールド目の奇数フィールドでは，カラー・サブキャリアの位相は反転したものとなります．同様に，2フィールド目の偶数フィールドと，その525H後にくる4フィールド目の偶数フィールドでは，カラー・サブキャリアの位相が反転します．すなわち，NTSC信号は4フィールドごとの繰り返しとなります．これを4フィールド・シーケンスと呼んでいます．

通常のビデオ信号の再生では4フィールド・シーケンスを意識する必要はありませんが，ビデオの編集のつなぎ目の部分などでは4フィールド・シーケンスの切れ目に合わせないときれいにつながりません．

③色信号の多重化（図3-3）

カラー画像はR（赤），G（緑），B（青）の3原色の情報からなり，白黒テレビ信号（輝度信号）はこの3次元の情報を合成したものです．輝度信号E_yとRGB信号（E_r，E_g，E_b）の関係は，

$$E_y = 0.299\,E_r + 0.587\,E_g + 0.114\,E_b$$

となっています．したがって，輝度信号と色信号の差分$E_r - E_y$，$E_g - E_y$，$E_b - E_y$のうち二つ（たとえば$E_r - E_y$と$E_b - E_y$）が色情報として与えられれば，それらと輝度信号を使って残りの色情報（たとえばE_g）を求められます．すなわち，輝度信号に2次元の色情報を多重化すればカラー画像を得ることができます．

さらに，NTSC方式では人間の視覚の感度を考慮して，**視覚の分解能**がもっとも高いオレンジ色の方向（I軸）とそれと直交する方向（Q軸）の2次元の色信号を採用しています．

$$E_i = -0.27\,(E_b - E_y) + 0.74\,(E_r - E_y)$$

$$E_q = 0.41\,(E_b - E_y) + 0.48\,(E_r - E_y)$$

高解像度が要求されるI軸の信号帯域は1.3MHzと広く選び，Q軸は0.5MHzに制限しています．

輝度信号は4.2MHzの帯域幅をもち，放送局ではそれを無線周波数の搬送波で振幅変調（AM）して放送します．1チャネル分の帯域幅（6MHz）は輝度信号と音声信号だけでほぼ使いきっており，色信号を多重化するときに輝度信号と異なる帯域を用いる余裕はありません．そのため，NTSC方式では色信号は輝度信号の帯域内に多重化されます．しかし，輝度信号と色信号が本当に同じ周波数で重なってしまうと，受信側で分離できなくなります．

輝度信号は4.2MHzの帯域をもちますが，繰り返し信号のためスペクトル分布は一様ではありません．輝度信号には水平同期周波数の整数倍（$N \times f_H$）の高

カラー・サブキャリア

テレビ放送はテレビ信号を振幅変調して電波として送信する．振幅変調には，チャネル周波数に合わせた高周波の搬送波（キャリア）を用いる．

白黒テレビ信号は輝度信号だけなので，輝度信号を1回変調するだけでよく，搬送波（キャリア）も一つだけだった．

NTSC方式では，従来の白黒テレビと同じチャネルでカラー放送を行うために，輝度信号と色信号を多重化して同じ電波で送信する方式を採用した．そのため，色信号をまず位相変調して輝度信号と多重化し，それを振幅変調する．

色信号の位相変調のために新たな搬送波（キャリア）を使うことが必要となったことから，これを従来の振幅変調のための搬送波（無線搬送波）と区別するために，わざわざサブキャリア（副搬送波）と呼び，さらに色信号の変調に用いることからカラーを付けて呼ぶようになったもの．

視覚の分解能

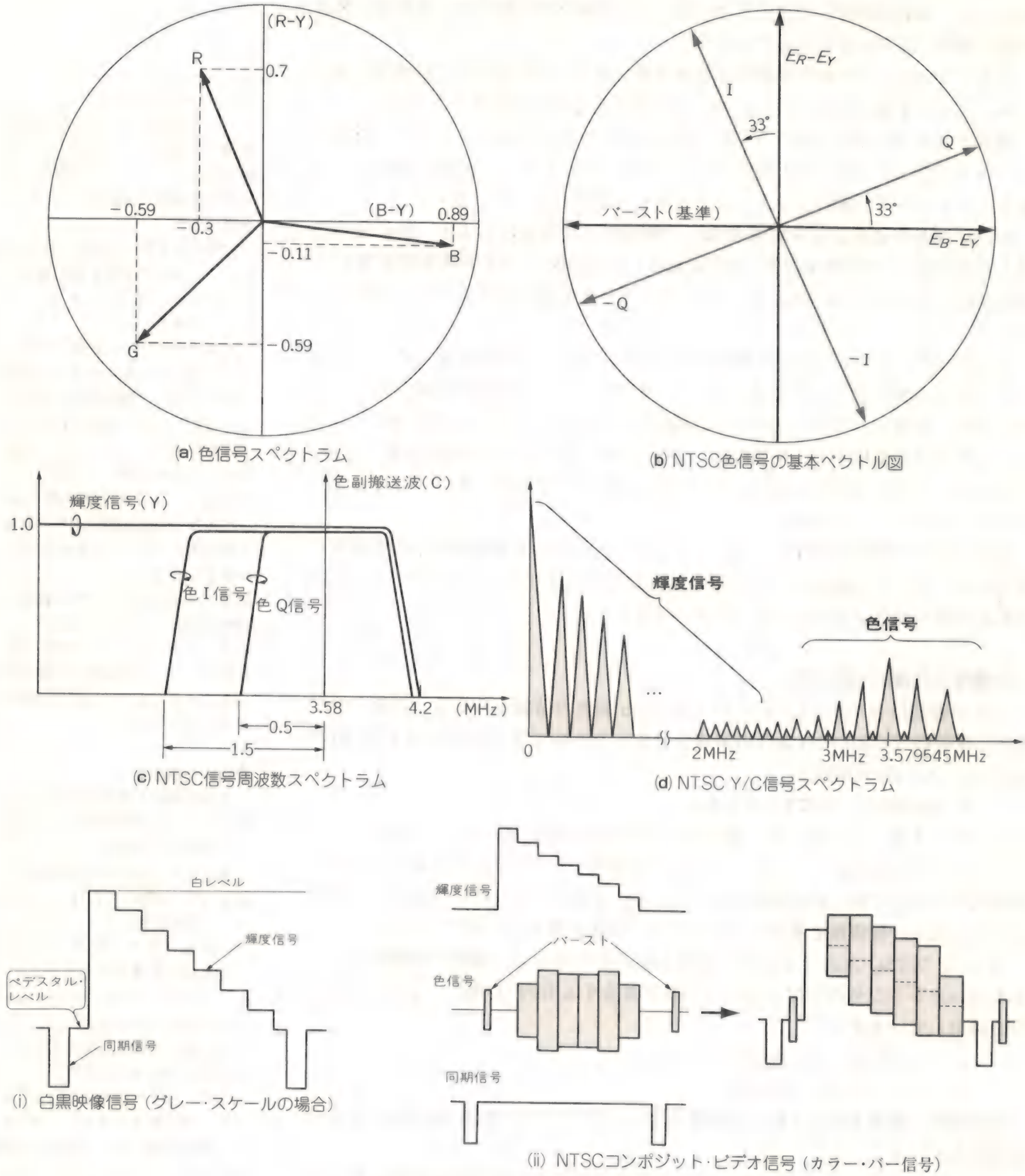
人間の網膜の視覚細胞は，光の強さを感じる視覚細胞と色を感じる視覚細胞に分かれている．

輝度信号と色信号で画像信号を構成するNTSC方式は，このような人間の視覚のしくみに合わせて作られたもの．RGBの三原色で画像信号を構成するパソコン・ディスプレイよりも，人間にとっては自然な方式と言える．

色を感じる視覚細胞は光を感じる視覚細胞の約1/20ほどしかないため，小さい部分の形はわかっても，色は判別できない．すなわち，視覚は色に対しては低い分解能しかもっていない．さらに色を感じる視覚細胞の感度はすべての色に対して一様ではなく，オレンジとシアン（青緑）に対してとくに高い感度をもつ．

そのため，オレンジ-シアン方向（I軸）の色信号にくらべて，それに直交する黄緑-青紫方向（Q軸）の色信号は情報量を減らしても見え方は変わらない．

〈図3-3〉輝度信号と色信号の多重化



(a) 色信号スペクトラム

(b) NTSC色信号の基本ベクトル図

(c) NTSC信号周波数スペクトラム

(d) NTSC Y/C信号スペクトラム

(i) 白黒映像信号(グレー・スケールの場合)

(ii) NTSCコンポジット・ビデオ信号(カラー・バー信号)

(e) 白黒ビデオ信号とコンポジット・ビデオ信号

調波成分が多く，間にたくさんのすきまがあります．高域になるほど輝度信号のエネルギーが低下するため，すきまが広くなります．この輝度信号のすきまに色信号のスペクトルが入るようにすれば，輝度信号への干渉を最小にできます．

NTSC方式では，$f_{SC}=f_H\times 455/2$ の搬送波で位相変調(PM)した色信号を，輝度信号に多重化します．f_{SC} を f_H の整数倍 $+f_H/2$ に選んであるため，変調した色信号のスペクトルは輝度信号のすきまの $(N+1/2)\times f_H$ にピークをもちます．

さらに，f_{SC} は約 3.58 MHz と輝度信号の 4.2 MHz の帯域の中では高域寄りに選んであるため，変調した色信号のスペクトルは輝度信号のエネルギーが低い領域に分布します．この手法を**周波数インターリーブ**と呼びます．また，$f_H \times 455/2$ の搬送波信号をカラー・サブキャリア（色副搬送波）と呼びます．

水平同期パルスの後の水平ブランキング期間に，色信号の基準となるカラー・バースト信号（$f_H \times 455/2$）が挿入されます．受信側ではこのカラー・バースト信号を用いて，輝度信号に多重化された色信号を復調することができます．

周波数インターリーブ

インターリーブ（interleave）とは，もともとは本などのページの間に白紙をはさみ込んだり，1ページおきに白紙のページをとじ込んだりすることをいう．

それから転じて，カラーテレビ信号では，輝度信号のスペクトルのすきまに色信号のスペクトルを挿入する手法を周波数インターリーブと呼ぶようになった．

また，コンピュータ関係では，低速のメモリを複数個並べて交互にアクセスすることによって，見かけ上高速に動作させる手法がメモリ・インターリーブと呼ばれている．

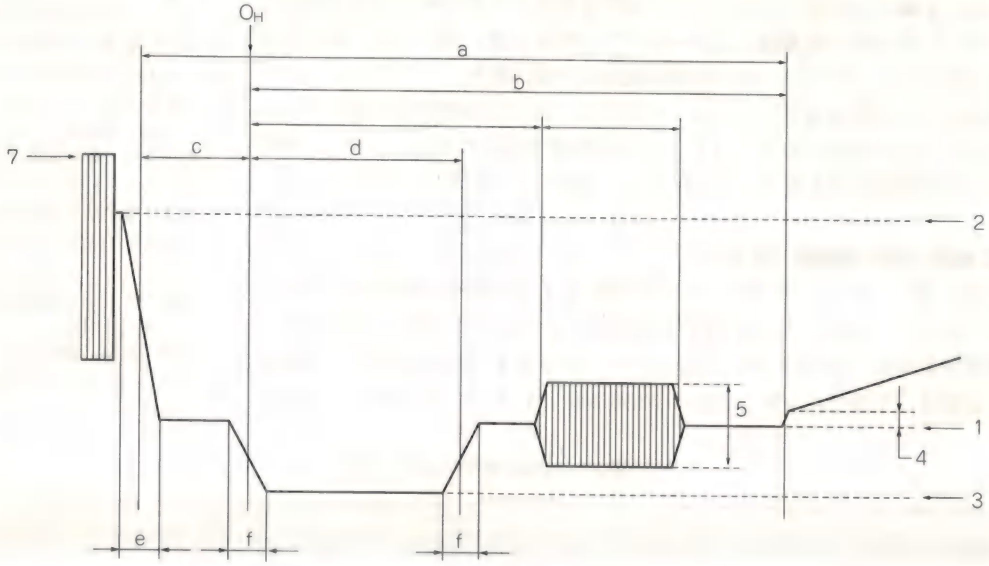
④ NTSC 信号のおもな規格（表 3-1）

NTSC 信号では，カラー・サブキャリア周波数（f_{SC}）を 3.579545 MHz（± 10 Hz）と定めています．したがって，水平同期周波数は $f_H = f_{SC} \times 2/455 \fallingdotseq 15.734$ kHz，垂直同期周波数は $f_V = f_H \times 2/525 \fallingdotseq 59.94$ Hz となります．水平走査および垂直走査の 1 周期は，それぞれ $1\,\mathrm{H} = 1/f_H \fallingdotseq 63.56\ \mu\mathrm{s}$，$1\,\mathrm{V} = 1/f_V \fallingdotseq 16.68\ \mathrm{ms}$ となり

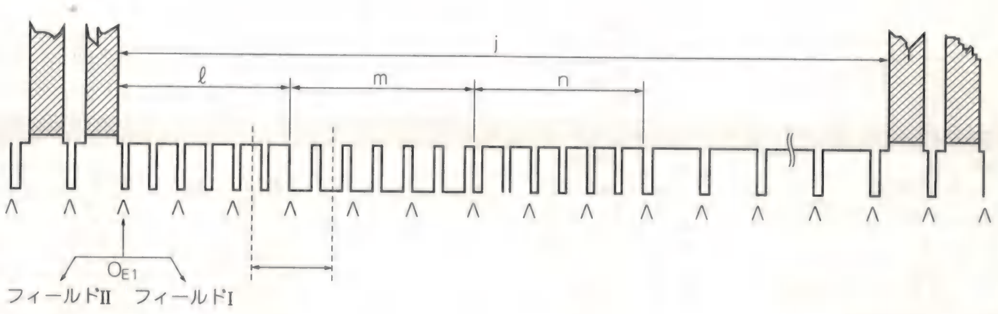
〈表 3-1〉NTSC 信号のおもな規格

	記号	レポート624-4	電波法	RS-170A	単位
■基本仕様					
ライン数		525			本
垂直同期周波数		59.94			Hz
水平同期周波数		15734.264			Hz
ブランキング・レベル	1	0			%
ピーク白レベル	2	100			%
同期レベル	3	−40			%
セットアップ・レベル	4	7.5±2.5	0〜10	7.5±2.5	%
色信号を含むピーク・レベル	7	120			%
ビデオ信号帯域幅		4.2			MHz
■水平同期タイミング					
ライン周期（H）		63.5555			μs
水平ブランキング期間	a	10.9±0.2	10.49〜11.44	10.9±0.2	μs
水平同期からブランキング終了まで	b	9.2〜10.3	≧9.22	9.4±0.1	μs
フロント・ポーチ	c	1.27〜2.22	≧1.27	1.5±0.1	μs
水平同期パルス幅	d	4.7±0.1	4.77±0.32	4.7±0.1	μs
水平ブランキング立ち下がり時間	e	≦0.48	≦0.25	0.14±0.02	μs
水平同期立ち下がり時間	f	≦0.25	≦0.25	0.14±0.02	μs
■フィールド同期タイミング					
フィールド周期	i	16.6833			ms
垂直ブランキング期間	j	19H〜21H	19H〜21H	20H〜21H	
垂直ブランキング立ち下がり時間	k	≦6.35			μs
等化パルス前期間	l	3H			
垂直同期期間	m	3H			
等化パルス後期間	n	3H			
等化パルス幅	p	2.3±0.1	≦2.54	2.3±0.1	μs
垂直同期パルス幅	q	27.1			μs
垂直同期パルス間隔	r	4.7±0.1	4.45±0.63	4.7±0.1	μs
等化/垂直同期パルス立ち下がり時間	s	≦0.25			μs
■カラー特性					
RGB原色点		R x=0.67, y=0.33 G x=0.21, y=0.71 B x=0.14, y=0.08			
標準白色		x=0.310 y=0.316			
輝度信号式		$Y=0.299R+0.587G+0.114B$			
色信号式		$I=-0.27(B-Y)+0.74(R-Y)$ $Q=0.41(B-Y)+0.48(R-Y)$			
カラー・サブキャリア周波数		3579545±10			Hz
カラー・サブキャリア対水平周波数		$f_{sc}=(455/2)f_H$			

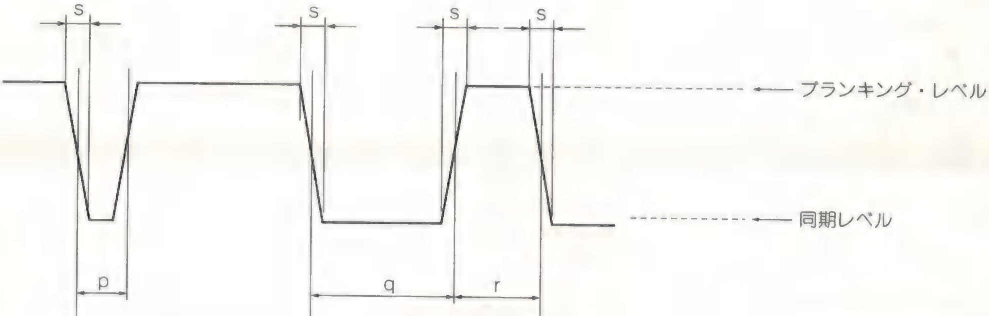
〈表 3-1〉NTSC 信号のおもな規格（続き）



水平同期タイミング



垂直同期タイミング



垂直同期タイミング（細部）

ます.

このように，525/60 方式とはいっても，NTSC 方式の f_V は厳密には 60 Hz から少し外れています．もともとの 525/60 方式（初期の白黒テレビ放送）では，垂直同期周波数をちょうど $f_V = 60$ Hz に選び，それに 525/2 をかけて $f_H = f_V \times 525/2 = 15.75$ kHz としていました．カラー化する際に，音声信号の搬送波とカラー・サブキャリアの干渉によって画面にノイズが出るのを防ぐため音声搬送波と f_{SC} の周波数差が f_H の整数倍になるように f_{SC} を選ぶ必要があり，それに合わせて f_H と f_V の値を若干変更したものです.

また，水平ブランキングは 10.9 μs（± 0.2 μs）と定められており，これは 1 H の期間の約 17.15%に相当します．すなわち，水平ブランキングを除いた約 52.7 μs が水平走査の有効走査期間となります．輝度信号の帯域幅は $f_Y = 4.2$ MHz ですが，走査線 1 ラインあたりの帯域幅はその $1/f_H$ であり，さらに有効走査期間を考慮すれば $f = f_Y \times 52.7$ μs ≒ 221.2 Hz となります．すなわち，走査線上に白黒の点を交互に表示するとすれば，最大で $2f$ ≒ 442.4 個が並ぶことになります．これにアスペクト比 3/4 をかけて垂直方向の値に換算した 331.8 本を，NTSC 信号の水平解像度と呼んでいます.

一方，垂直解像度を考えると，走査線数 525 本のうち垂直ブランキングが各フィールド 20 本ずつあるので，実際に画面に表示できるのは 485 本です．さらに，インタレース表示を行うため垂直方向の実効解像度は 0.7 倍に低下し，約 339.5 本となります．このように，NTSC 信号では輝度信号の帯域幅を 4.2 MHz に選ぶことによって，垂直解像度と水平解像度をほぼ同じレベルにそろえてあります.

輝度信号の電圧レベルについては，黒の基準レベル（ペデスタル・レベル）を 0 V，白のピーク・レベルを 0.715 V として，それぞれ 0%（0 IRE），100%（100 IRE）と呼んでいます．ブランキングは 0 IRE です．もともとの NTSC 方式では，画面に表示される輝度信号の黒レベルを**セットアップ・レベル**と呼び，基準レベルよりやや高い 7.5 IRE に定めていました．日本のテレビ放送では，セットアップ・レベルは 0 IRE（許容範囲は 0 ～ 10 IRE）と定められており，ペデスタル・レベルと差をつける必要はありません.

水平同期信号は基準レベルに対して負のパルスであり，ピークは − 40 IRE（− 0.285 V）と定められています．輝度信号の最大振幅はこの − 40 IRE から白ピーク・レベルの 100 IRE までの 140 IRE であり，ちょうど 1 $V_{p\text{-}p}$ となります．また，色信号とカラー・バースト信号の振幅はともに 40 IRE（0.285 V）$_{p\text{-}p}$ です.

⑤ NTSC 信号の復調回路（図 3-4）

NTSC 信号は同期信号，輝度信号，色信号が多重化されたコンポジット（複合）ビデオ信号です．これを復調して画像を表示するためには，まず NTSC 信号から同期信号を分離して取り出し（同期分離），さらに輝度信号（Y）と色信号（C）を分離します（YC 分離）.

同期分離や YC 分離を行う専用の IC もそれぞれありますが，1 チップで NTSC 信号をまとめて処理するワンチップ TV 信号処理用 IC が増えています.

NTSC 信号では色信号の帯域が輝度信号の高域に重なっています．安価な受信機ではバンドパス・フィルタなどを用いた単純な周波数分離を行いますが，輝度信号の高域成分が失われて水平解像度が低下したり，輝度信号の成分が色信号に混入して**クロス・カラー妨害**を発生するなどの問題があります.

そこで，隣接したラインの相関を利用して，1H 遅延した信号ともとの信号を加算，減算して YC 分離を行うくし形フィルタ（コム・フィルタ）が一般に用いら

セットアップ・レベル

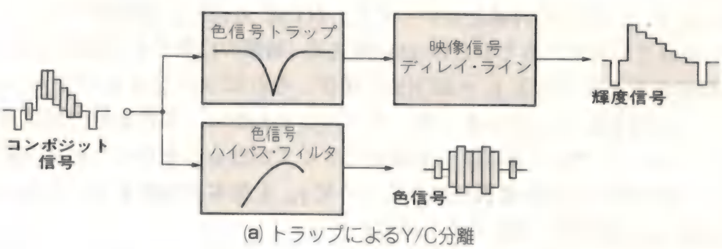
ペデスタル・レベル（黒の基準レベル）は電子銃からビームが出ていない状態に相当し，ブラウン管はまったく発光しない状態．ブランキングの部分はペデスタル・レベルとなっている.

それに対して，NTSC 信号では画面上で表現される黒の最暗部を，ペデスタル・レベルよりも若干明るめの状態に設定している．それをセットアップ・レベルと呼んでいる．そのほうが全体的に画面が明るくなり，性能の低い初期の受像機ではきれいに見えるためである．そのかわり，コントラストが低下して深みのある表現ができないことや，ノイズが目立ちやすくなる欠点がある.

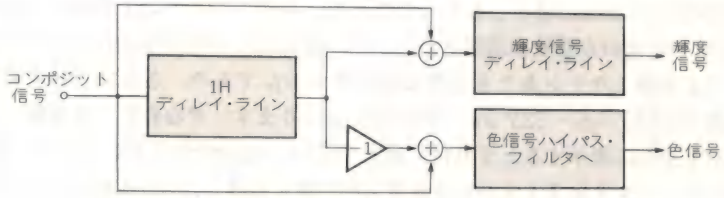
日本では，以前は NTSC に従ってセットアップ・レベルを 7.5 IRE としていた．受像機の性能が上がってきたことなどから，1984 年に規格（無線設備規則）を改正して，セットアップ・レベルをペデスタル・レベルと同じ 0 IRE と定めた．アメリカでは現在でもセットアップ・レベルは 7.5 IRE のままであり，これが日本とアメリカのカラーテレビ規格のもっとも大きな違いとなっている.

ただし，日本の規格ではセットアップ・レベルの許容誤差を最大 10 IRE までとっており，7.5 IRE は許容範囲に含まれている.

〈図 3-4〉 復調回路



(a) トラップによるY/C分離



(b) くし形フィルタによるY/C分離

クロス・カラー妨害

色信号の分布する 3.58 MHz (カラー・サブキャリア) +0.5 MHz, -1.5 MHz の帯域には，輝度信号も分布している．安価な受像機ではこの帯域の信号を周波数分離によって抽出し，すべて色信号とみなして処理する．そうすると，輝度信号の高周波部分が誤って色信号として再生されるため，画像の細部が失われるだけでなく，元の画像には存在しない色が付いてしまう．これをクロスカラー妨害と呼ぶ．

れています．輝度信号成分は1H後の信号と類似しているため，減算によって除くことができます．一方，色信号成分は1Hごとに位相が反転するため，加算によって除くことができます．ただし，これだけでは垂直解像度が1/2に低下するため，周波数分離によって抽出した輝度信号成分を加えて補正することが必要です．

さらに，最近の高画質テレビでは，1フレーム分のフレーム・メモリを用いて，1フィールド後および1フレーム後の同一ラインとの相関を利用してYC分離を行う3次元YC分離方式が用いられています．また，フレーム・メモリを用いて奇数フィールドと偶数フィールドを同時に表示するインタレース-ノンインタレース変換も行われています．

◈ 参考文献 ◈

(1) ITU-R Report624-4
(2) RS-170A

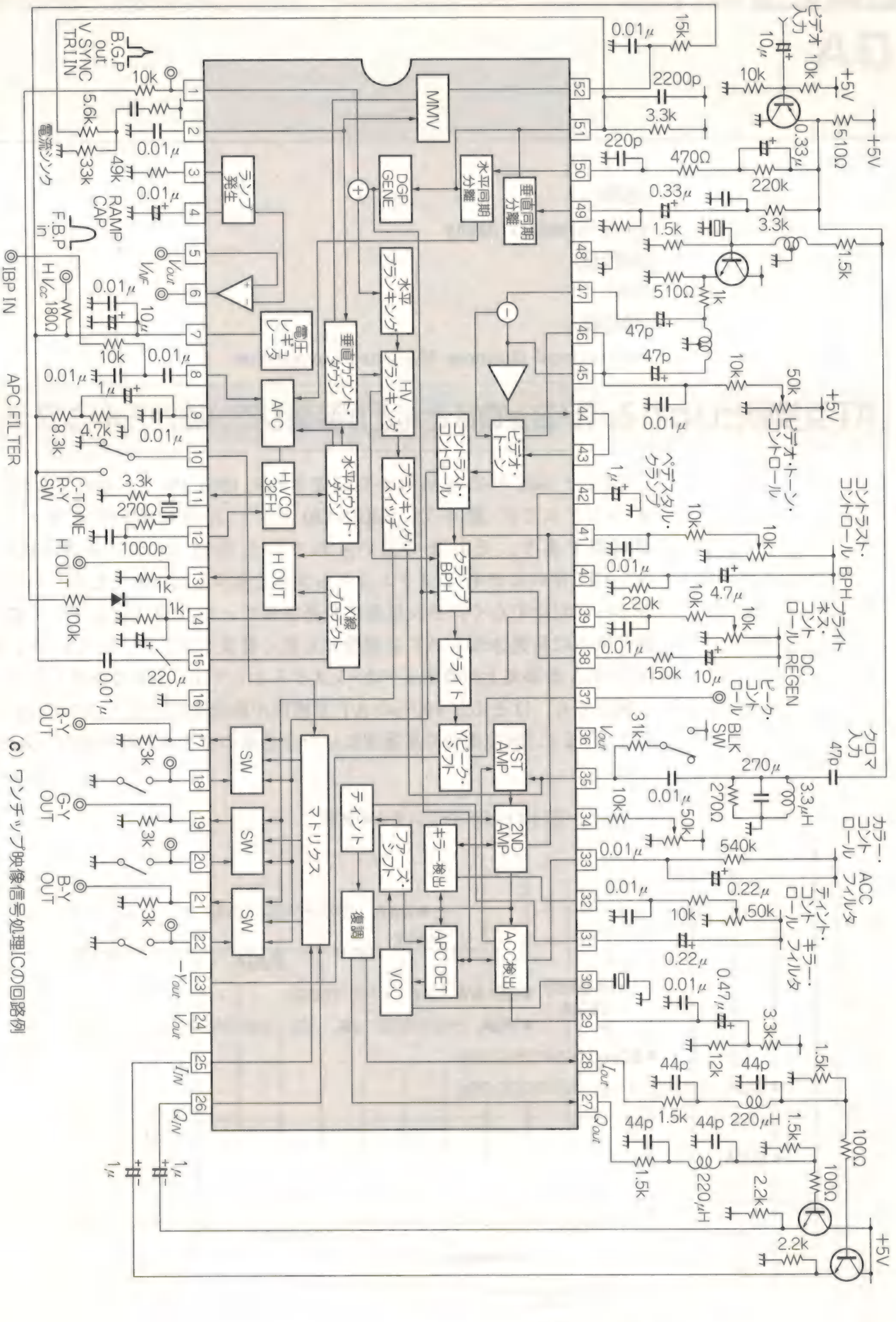
トランジスタ技術 エレクトロニクスの基礎と実用技術を凝縮したフィールド・ワーク・マガジン
SPECIAL No.52
B5判 160頁
定価 1,835円(税込)

特集 ビデオ信号処理の徹底研究
映像信号の基礎から高画質化のためのディジタル信号処理の方法まで

モニタ画面の大型化や，映像の高画質化のニーズにより，ビデオ信号をディジタル処理して，これに応えようという映像信号処理の技術が一般化してきました．この高画質な映像を映し出すハードウェアのほうはどうなっているのでしょう．開発以来あまり変わらない（それほどよくできた）テレビ信号の基礎から，新しいテレビ放送信号 EDTV-Ⅱ（クリアビジョン）の仕組みとその技術，さらにパソコンのモニタにも使われている高画質なカラー・ディスプレイの技術をやさしく解説します．

CQ出版社 〒170-8461 東京都豊島区巣鴨 1-14-2 販売部 ☎(03)5395-2141 振替 00100-7-10665

〈図 3-4〉復調回路（続き）



(c) ワンチップ映像信号処理ICの回路例

第2-4章 IBM社のパソコン用に作られたビデオ・システム規格

VGA

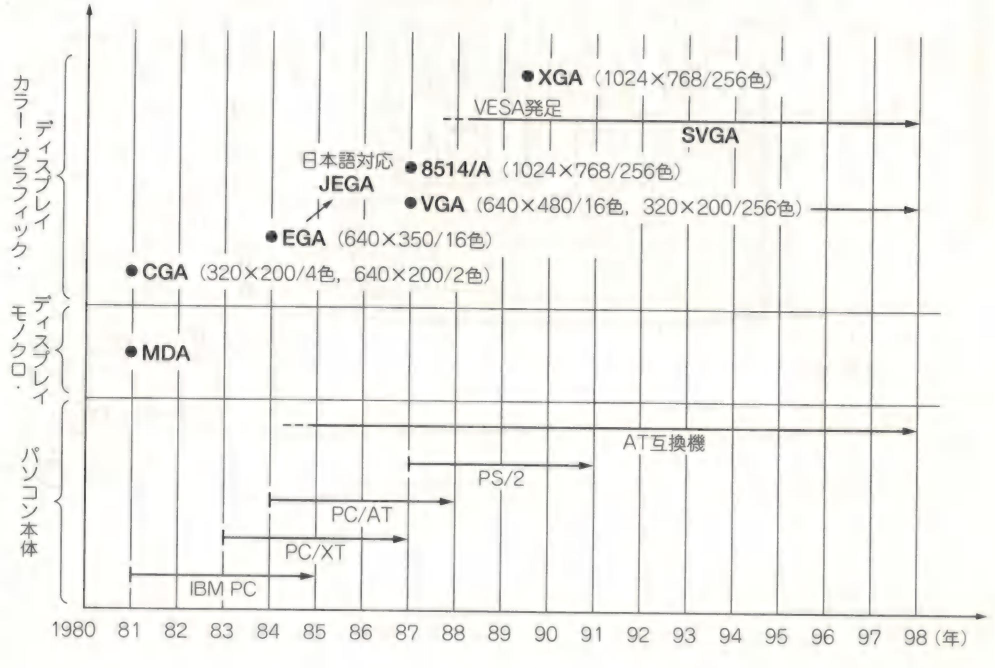
〈名称〉
Video Graphics Array
〈発行日〉
1987
〈発行者〉
International Business Machines Corporation

AT互換機といわれるパソコンのほとんどが装備しているビデオ・システム

VGAは1987年にIBM社から発売されたIBM PS/2で初めて登場したビデオ・システムです（**図4-1**）．640×480ドット/16色のカラー・グラフィック表示が可能であり，それまで用いられていたIBM PCシリーズ（PC，PC/XT，PC/AT）用のビデオ・システムよりも大きく進歩したものでした．VGAはPS/2シリーズだけでなく，それ以前に発売されていたIBM PCシリーズや，それ以後に次々に発売されたAT互換機にも広く普及しました．とくにAT互換機では，VGAが事実上の標準ビデオ・システムとして用いられてきました．

現在でも，ほとんど100%のAT互換機が最低限の仕様としてVGAを備えています．また，民生用から産業用にいたる各種のマイコン組み込みシステムでも，

〈図4-1〉ビデオ・システムの変遷



VGA互換のグラフィックスを備えたものが数多く作られています．ただし，この場合は互換といっても，レジスタ構成やBIOSレベルでの互換性をもつものから，単に解像度がVGAと同じ（640×480ドット）というだけのものまで，さまざまなものが存在します．

現在のパソコン用ビデオ・システムとしてはVGAは明らかに力不足です．とくに，GUIベースOSのWindowsが普及してからは，VGAの640×480ドット/16色では解像度も色数も少なすぎて，サブノートなどの携帯用パソコンを除けば実用的とは言えません．しかし，DOSベースの業務用パソコンや，組み込みシステムのディスプレイとしては，VGAは今後も広く使われ続けるでしょう．また，VGAの仕様はテレビのNTSC信号を変換して表示するのに適当であり，動画などのマルチメディア用途にも適しています．

●VGA以前のビデオ・システム

VGA以前に用いられていたIBM PCシリーズのビデオ・システムには，MDA（Monochrome Display Adaptor），CGA（Color Graphics Adaptor），EGA（Enhanced Graphic Adaptor）などがあります．

MDAは初代IBM PCで採用されたモノクロのビデオ・システムです．80行×25字のテキスト表示だけをサポートしています．ドット構成は720×350ドットと高解像度であり，グラフィック表示はできませんが，テキスト・ベースのDOSアプリケーション用としては十分なものでした．当時はカラーCRTは高価だったため，一般の個人ユーザには，MDAとグリーン・ディスプレイ（モノクロCRT）を組み合わせたシステムが普及していました．

CGAはMDAとともに初代IBM PCで採用されたカラーのビデオ・システムです．80行×25字/16色のカラー・テキスト表示と，640×200ドット/2色または320×200ドット/4色のカラー・グラフィック表示をサポートしていました．カラー・グラフィックを表示できるといっても解像度は低く，色数も少ない貧弱なものでした．

EGAはPC/ATで採用されたカラーのビデオ・システムです．MDAとCGAに対して上位互換性をもち，さらに640×350ドット/16色のカラー・グラフィック表示をサポートします．表示能力はCGAより大幅に向上し，やっと実用レベルに達したといえるでしょう．

当時，日本ではPC98シリーズなどが640×400ドット/16色のカラー・グラフィック表示を採用しており，EGAを上回る表示能力をもっていました．EGAを拡張して日本語表示を可能にしたJEGAという規格が作られ，**AXパソコン**に採用されましたが，あまり普及しませんでした．また，J3100シリーズでもEGAを独自に拡張した日本語ビデオ・システムを採用していました．

●VGAおよびそれ以後のビデオ・システム

VGAはMDA, CGA, EGAに対して上位互換のモードをもち，さらに640×480ドット/16色または320×200ドット/256色のカラー・グラフィック表示をサポートします．また，**アナログRGB**を採用し，水平スキャン・レートも31.5kHzと高くなっています．VGAはPS/2シリーズの上位機種に標準で装備され，その後は多くのAT互換機に標準で装備されるようになりました．なお，PS/2シリーズの下位機種には，VGAから16色グラフィック・モードを除いたMCGA（Multi Color Graphic Array）が使われていましたが，あまり普及しませんでした．

AXパソコン

1980年代の後半から90年代の前半にかけて，日本のパソコン市場ではPC98シリーズが圧倒的なシェアを獲得していた．富士通，アップル，日本IBMなどはそれぞれ独自仕様のパソコンで対抗していたが，大勢を覆すことはできなかった．

そのような状況では，家電系のメーカは単独でパソコン市場に新製品を投入することすら困難だった．そこで，1987年に19社が連合してAX協議会を発足させ，統一仕様のパソコンを各社から製品化していくことになった．

AXパソコンはATアーキテクチャをベースにしているが，専用の日本語表示システムとしてJEGAを採用したことからAT互換機とは互換性がなく，あまり普及せずに終わった．

アナログRGB

R（赤），G（緑），B（青）の三原色のそれぞれをアナログ電圧でディスプレイに伝える方式．ディスプレイ側で電圧に比例して各色の明るさを変化させることによって，中間色を含む多色表示が可能．

パソコン側では，ビデオDAC（D-Aコンバータ）を用いてアナログ電圧を段階的に変化させる．RGBそれぞれ5ビット（電圧の変化は2^5=32ステップ）を用いれば，32^3=32768色（32万色）の表示が可能．また，RGBそれぞれ8ビット（電圧の変化は2^8=256ステップ）を用いれば，256^3=16,777,216色（1677万色）の表示が可能．

日本では，VGA の高い表示能力を利用してソフトウェア的に日本語を表示する **DOS/V** が登場し，それをきっかけとして AT 互換機と VGA が急速に普及しました．

MDA から VGA までは IBM 社が開発したビデオ・システムですが，サードパーティから安価で高性能な互換ビデオ・ボードが豊富に供給されました．また，サードパーティによって独自の拡張が行われることもありました．VGA 以降の高解像度ビデオ・システムは，サードパーティが VGA を拡張，高解像度化したシステムが主流となっています．これらは SVGA（Super VGA）と総称されますが，SVGA という統一された規格があるわけではありません．ただし，まったく規格が存在しないというのも不便なので，標準化団体として VESA（Video Electronics Standards Association）が設立されました．

IBM 社が VGA 以降に開発した高解像度ビデオ・システムとして，XGA（eXtended Graphic Array）とその改良型の XGA-2 があります．XGA は MDA, CGA, EGA, VGA に対して上位互換性をもち，さらに 640 × 480 ドット/65536 色，1024 × 768 ドット/256 色などの多色，高解像度の表示をサポートしています．XGA 自体はそれほど普及しませんでしたが，1024 × 768 ドット/256 色の表示は SVGA でもサポートされて広く用いられています．

DOS/V

DOS/V は日本アイ・ビー・エムが 1990 年に発売した AT 互換機用の日本語 DOS の愛称．当時の PC/AT 用の DOS である PC DOS Ver. 4 をもとにして，ソフトウェアだけで日本語を表示するしくみを追加したものである．91 年には PC DOS が Ver. 5 にバージョンアップされたのを受けて，DOS/V も DOS J5.0/V にバージョンアップされた．

オリジナルの AT アーキテクチャにハードウェアや BIOS レベルで手を加えていないことが，DOS/V の最大の利点．海外仕様の AT 互換機に DOS/V をバンドルするだけで，日本仕様のパソコンを作ることができる．この，DOS/V をバンドルした AT 互換機を DOS/V パソコンと呼んでいる．

ビデオ・ボードの交換で新しいビデオ・システムに対応できる

IBM PC シリーズのビデオ・システムは本体のアーキテクチャから独立しており，必要に応じてユーザが選択できるようになっていました．マザーボード上にビデオ・システムは搭載されず，通常は ISA などの拡張ボードとして作られていたため，新しいビデオ・ボードが発売されればユーザの手で容易に交換できます．また，ビデオ・システムを交換しても従来のソフトウェアをそのまま利用できるように，EGA や VGA などの新しいビデオ・システムは従来のビデオ・システムの上位互換として作られています．

この特徴は AT 互換機にもそのまま受け継がれています．最近の AT 互換機では VGA や SVGA のビデオ・コントローラをマザーボード上に標準搭載したものが多くなりましたが，ユーザが任意のビデオ・システムに交換できるように，マザーボード上のコントローラを無効にする機能を備えています．

なお，IBM 社オリジナルの VGA は PS/2 用のビデオ・システムであり，PS/2 のシステム・バスである MCA を採用していました．多くのサードパーティが ISA 用の VGA ビデオ・ボードをサポートしたことから，VGA は PC/AT や AT 互換機に広く普及しました．

① AT アーキテクチャのビデオ・インターフェース機能（図 4-2）

パソコンのビデオ・システムのハードウェアとしては，表示データを記憶するための**ビデオ・バッファ（VRAM）**，おもにテキスト・モードの表示の制御を行う CRT コントローラ，おもにグラフィック・モードの表示の制御を行うグラフィック・コントローラ，CRT コントローラやグラフィック・コントローラが生成するディジタル・ビデオ信号をアナログ・ビデオ信号に変換するビデオ DAC などがあります．

CPU が表示したいデータをビデオ・バッファに書き込めば，あとは CRT コントローラ，グラフィック・コントローラ，ビデオ DAC などが動作して，ビデオ信号（アナログ RGB 信号）を生成してくれます．テキスト・モードの場合は，ビ

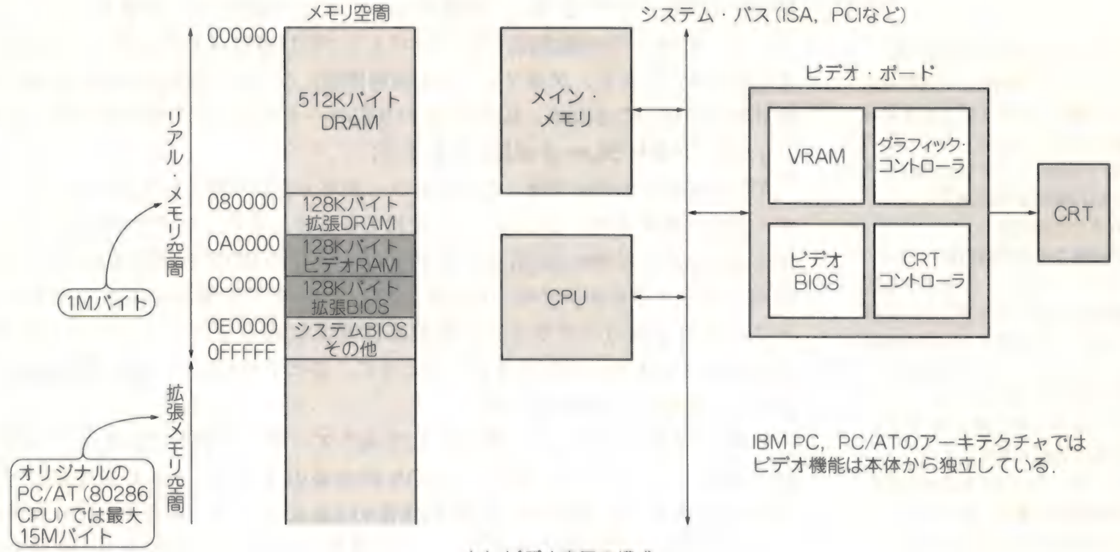
ビデオ・バッファ（VRAM）

ビデオ・バッファ，ビデオ・メモリ，ビデオ RAM（VRAM）などと呼ばれる．

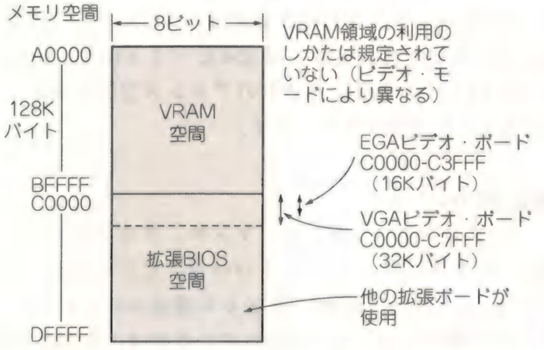
メモリというと恒久的な記憶から CPU の作業用スペースまで幅広い意味をもつ．バッファ（緩衝器）は，データ受け渡しの時間やタイミングを合わせるための一時的なメモリ．

ビデオ DAC に渡すために表示データを一時置いておくだけの場所ということで，ここではビデオ・バッファという表現をおもに使っている．

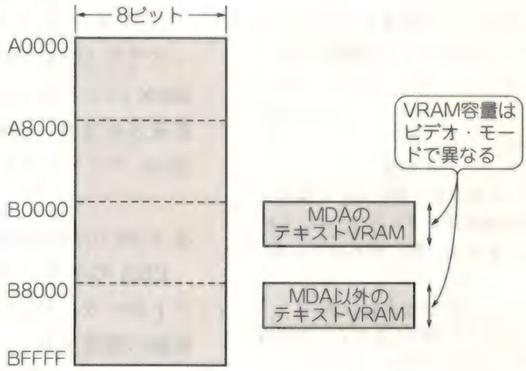
〈図4-2〉ビデオ・インターフェースの概要



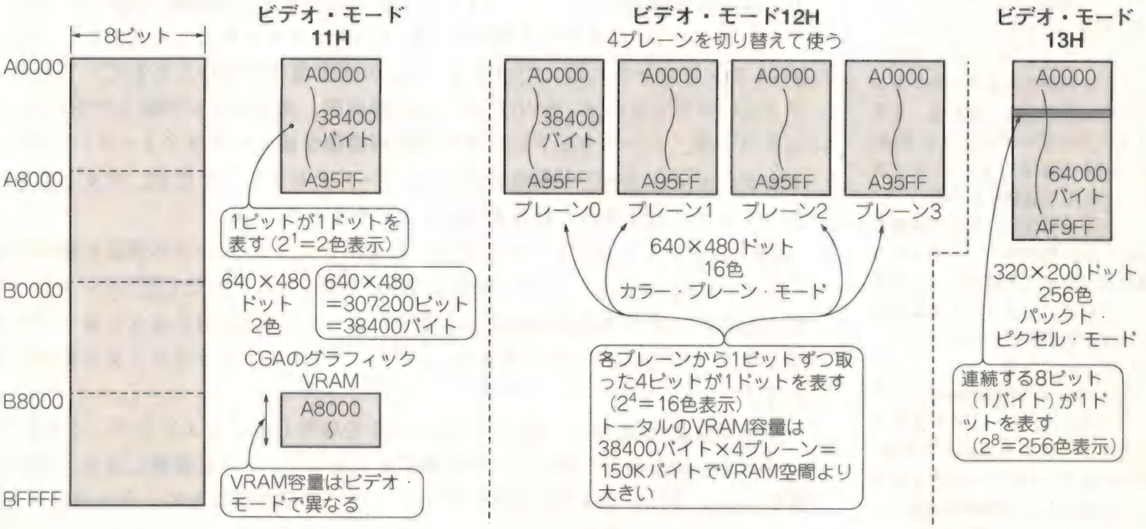
(a) ビデオ表示の構成



(b) アドレス・マップ



(c) テキストVRAM領域



(d) グラフィックVRAM領域

デオ・バッファに文字コード（ASCIIコード）を書き込めば，ビデオ・システム内部のフォント・データを用いて自動的に各ピクセルのデータに変換されます．グラフィック・モードの場合は，ビデオ・バッファには各ピクセルのデータを直接書き込みます．ただし，グラフィックが高解像度になると，描画のために大量の座標計算が必要になるため，CPUのかわりにハードウェアで座標計算を行う**グラフィック・アクセラレータ**が用いられます．

ATアーキテクチャでは，これらのハードウェアは原則としてすべてビデオ・ボード上に搭載され，必要に応じて交換できます．また，ビデオ・システムを動作させるためのビデオBIOSも，ビデオ・ボード上のROMに搭載されています．DOSアプリケーションでは，ビデオBIOSのサービスを利用すれば，CRTコントローラなどのハードウェアを直接操作せずに表示を行うことができます．Windowsではビデオ BIOSを使うかわりに，各ビデオ・システムのWindows用ドライバを使って表示を行います．

ビデオ・インターフェース機能としてATアーキテクチャで決まっているのは，ビデオ・バッファやビデオBIOSのためのメモリ・アドレス空間です．VRAM空間としてA0000H～BFFFFHの128Kバイト，ビデオBIOS空間としてC0000H～C7FFFHの32Kバイトが確保されています．これらの領域をどのように使うかは，ビデオ・システムに任されています．

CGAモードではVRAM空間のうち16Kバイトしか使いませんが，EGAモードでは128Kバイトをすべて使います．さらに高解像度のVGAモードでは，128KバイトのVRAMでは足りないため，実際には256KバイトのVRAMが搭載されます．A0000H～BFFFFHの128Kバイトのアドレス空間を通して，256Kバイトにアクセスできるように工夫されています．

② VGAのハードウェア構成（図4-3）

VGAのハードウェアは，CRTコントローラ，シーケンサ，グラフィック・コントローラ，VGA追加機能，アトリビュート・コントローラ，ビデオDACの6種類の機能ブロックと，ビデオ・バッファ，ROM BIOSから構成されます．

コントローラ機能がこのように機能ブロックに分かれているのは，初期のビデオ・システムに対していろいろな機能を継ぎ足してきたためであり，かならずしも合理的に分割されているというわけではありません．6種類の機能ブロックのうち，ビデオDACを除く5種類のブロックをひとまとめにしたものを，一般にVGAコントローラと呼んでいます．LSIの高密度化が進むとともに，ワンチップVGAコントローラ，SVGAなどの高解像度，多色表示に対応したSVGAコントローラ，ハードウェアによる高速描画機能を備えたグラフィック・アクセラレータ，ビデオDAC内蔵のグラフィック・アクセラレータなど，次々と新しいグラフィックLSIが作られるようになってきました．

CRTコントローラとシーケンサは，おもにテキスト・モードの表示の制御を行います．CRTコントローラはMDA，CGAで用いられていたCRTコントローラのMC6845と上位互換の機能をもちます．シーケンサはCRTコントローラやキャラクタ・ジェネレータがビデオ・バッファにアクセスするタイミングの制御を行います．

キャラクタ・ジェネレータは文字フォントを保持しているメモリで，ビデオ・バッファから読み出した文字コードを対応する文字フォントに変換します．英語しか扱わないVGAでは必要な文字フォントはごくわずかなため，キャラクタ・ジェネレータとして特別なハードウェアをもっていません．ROM BIOSなどに記

グラフィック・アクセラレータ

ビットマップ画面上に図形を表示する場合，たとえば2点を結ぶ直線を表示するには，与えられた両端の2点から，その中間のすべての点の座標を補間演算によって求めることが必要．

C言語などの高級言語のパッケージ・ソフトには，このような図形描画のためのライブラリが付属しており，プログラムを作るのはそれほどたいへんではないが，CPUで多量の演算を行うため時間がかかり，その間CPUが表示のために占有されてしまう．

そこで，このような表示のための補間演算を専門に行うハードウェア演算LSIが作られるようになった．これをグラフィック・アクセラレータと呼ぶ．

現在では，VGAやSVGAのすべてのコントローラ機能（CRTコントローラ，シーケンサ，グラフィック・コントローラ，VGA追加機能，アトリビュート・コントローラ，ビデオDAC）とアクセラレータ機能を1個のLSIに集積した高機能グラフィック・コントローラLSIが一般に使われている．

キャラクタ・ジェネレータ

英語は文字数も少なく，文字の形状も単純なため，文字フォントのデータはごくわずかですむ．そのため，キャラクタ・ジェネレータもごく簡単なものですむ．

日本語（漢字）は文字数が多いだけでなく，文字の形状も複雑なため，きわめて多量の文字フォントのデータが必要．通常は，文字フォントのデータをマスクROM化したものをキャラクタ・ジェネレータとして搭載している．

しかし，DOS/Vでは日本語表示のために特別なハードウェアを設けないという方針から，文字フォントのデータはファイル化されて外部記憶装置（ハードディスク）上に置かれている．

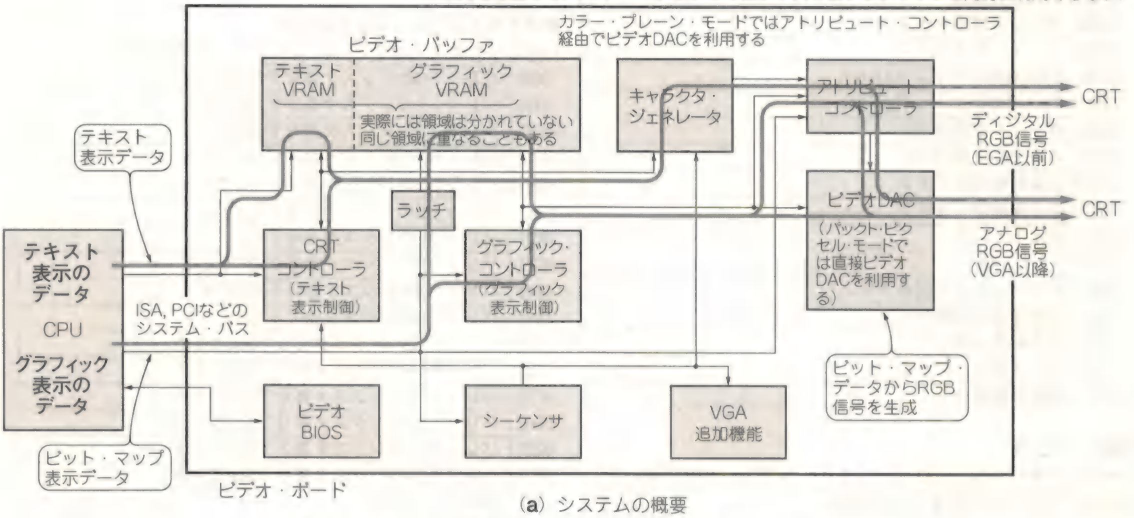
GUIベースのWindowsではキャラクタ・ジェネレータを使わずに文字フォントを表示するため，文字フォントのデータはやはりファイル化されて外部記憶装置（ハードディスク）上に置かれる．

憶された文字フォントをビデオ・バッファの空きエリアに展開して，キャラクタ・ジェネレータとして利用しています．

また，Windowsなどのグラフィック・ベースOSの文字表示や，DOS/Vの日本語表示は，いずれもテキスト・モードを使わず，グラフィック・モードで行っています．グラフィック・モードで文字を表示する場合は，CRTコントローラやキャラクタ・ジェネレータは使いません．ハードディスクなどにファイルとして記憶している文字フォントをメイン・メモリに展開し，OSレベルで文字コードか

〈図4-3〉VGAのハードウェア構成

＊PC98とは違って，ATアーキテクチャではテキストとグラフィックを同時に利用できない．



(a) システムの概要

VGA拡張ボードのI/Oアドレスは，3B4H～3DAHに分布している

I/Oアドレス	コントローラ	レジスタ
3B4H 3B5H	CRTコントローラ(モノクロ)	アドレス(R/W) データ(R/W)
⋮		
3BAH	VGA追加機能(モノクロ)	ステータス(R)
⋮		
3C0H	アトリビュート・コントローラ	アドレス/データ(R/W)
⋮		
3C2H 3C3H	VGA追加機能	コントロール(W)/ステータス(R) VGA動作(W)
3C4H 3C5H	シーケンサ	アドレス(R/W) データ(R/W)
3C6H 3C7H 3C8H 3C9H	ビデオDAC	ピクセル・マスク(R/W) アドレス(W)/ステータス(R) アドレス(W) データ(R/W)
⋮		
3CCH	VGA追加機能	コントロール(R)
⋮		
3CEH 3CFH	グラフィック・コントローラ	アドレス(R/W) データ(R/W)
⋮		
3D4H 3D5H	CRTコントローラ(カラー)	アドレス データ
⋮		
3DAH	VGA追加機能(カラー)	ステータス(R)

(b) VGAのレジスタ・マップ

〈図 4-3〉VGA のハードウェア構成（続き）

●CRTコントローラ

テキスト・モードの表示制御を行う．6845互換．

00H	水平総キャラクタ数
01H	水平表示キャラクタ数
02H	水平非表示開始キャラクタ
03H	水平非表示終了キャラクタ
04H	水平帰線開始キャラクタ
05H	水平帰線終了キャラクタ
06H	垂直表示ライン数(下位)
07H	垂直表示ライン数(上位)/コントローラ・オーバフロー
08H	プリセット行走査
09H	最大走査線数
0AH	カーソル開始ライン
0BH	カーソル終了ライン
0CH	VRAM開始アドレス(上位)
0DH	VRAM開始アドレス(下位)
0EH	カーソル位置(上位)
0FH	カーソル位置(下位)
10H	垂直帰線開始ライン
11H	垂直帰線終了ライン
12H	表示ライン数
13H	1ライン幅
14H	アンダーライン表示ライン
15H	垂直非表示開始ライン
16H	垂直非表示終了ライン
17H	モードコントロール
18H	画面分割ライン

●シーケンサ

テキスト・モードのVRAM/キャラクタ・ジェネレータの制御を行う．

00H	リセット(同期または非同期)
01H	クロック・モード設定
02H	各プレーンの書き込み許可
03H	キャラクタ・ジェネレータ指定
04H	VRAMモード設定

●グラフィック・コントローラ

グラフィック・モードの表示制御を行う．

00H	各プレーンのセット/リセット
01H	00Hレジスタの有効/非有効の指定
02H	プレーンの参照/非参照の指定
03H	論理演算の選択/ローテートのビット数の設定
04H	参照するプレーンを指定
05H	VRAMのアクセスモード指定
06H	VRAMのアドレス指定
07H	各プレーンの設定/非設定を指定
08H	ピクセル・マスク

●アトリビュート・コントローラ

16色以下のグラフィック・モードのカラー制御を行う．

00H	パレット0のレジスタ番号下位6ビット
01H	パレット1のレジスタ番号下位6ビット
02H	パレット2のレジスタ番号下位6ビット
03H	パレット3のレジスタ番号下位6ビット
04H	パレット4のレジスタ番号下位6ビット
05H	パレット5のレジスタ番号下位6ビット
06H	パレット6のレジスタ番号下位6ビット
07H	パレット7のレジスタ番号下位6ビット
08H	パレット8のレジスタ番号下位6ビット
09H	パレット9のレジスタ番号下位6ビット
0AH	パレット10のレジスタ番号下位6ビット
0BH	パレット11のレジスタ番号下位6ビット
0CH	パレット12のレジスタ番号下位6ビット
0DH	パレット13のレジスタ番号下位6ビット
0EH	パレット14のレジスタ番号下位6ビット
0FH	パレット15のレジスタ番号下位6ビット
10H	表示モード設定
11H	背景色設定
12H	各プレーンの表示許可
13H	水平スクロールピクセル数設定
14H	ビデオDACレジスタ番号上位4ビット

(c) レジスタ・マップの詳細（いずれも，アドレス・レジスタにレジスタ番号を設定して，データ・レジスタをリード／ライトする）

ら文字フォントへの変換を行います．そして，文字フォントをグラフィック・データとしてビデオ・バッファに書き込みます．

グラフィック・コントローラは，おもにカラー・プレーン・モードの表示の制御を行います．VGA にはカラー・プレーン・モードとパックト・ピクセル・モードの二つのカラー・モードがあり，16 色表示（4 ビット・カラー）にはカラー・プレーンモード，256 色表示（8 ビット・カラー）にはパックト・ピクセル・モードが使われます

カラー・プレーン・モードでは，ビデオ・バッファの中に，1 ビットを 1 **ピクセル**に割り当てる同じ大きさの領域が 4 プレーン用意されます．この 4 プレーンを用いることによって，4 ビットを 1 ピクセルに割り当てることができます．CPU からビデオ・バッファのデータにアクセスするときは，1 ピクセルのデータが 4 プレーンに 1 ビットずつ分散しているため，プレーンを切り替えながら 4 回アクセスすることが必要です．このプレーンの切り替えはグラフィックス・コントローラが行います．また，グラフィックス・コントローラは 4 プレーンの 4 ビットに同時にアクセスする機能をもち，グラフィック処理を高速化できます．

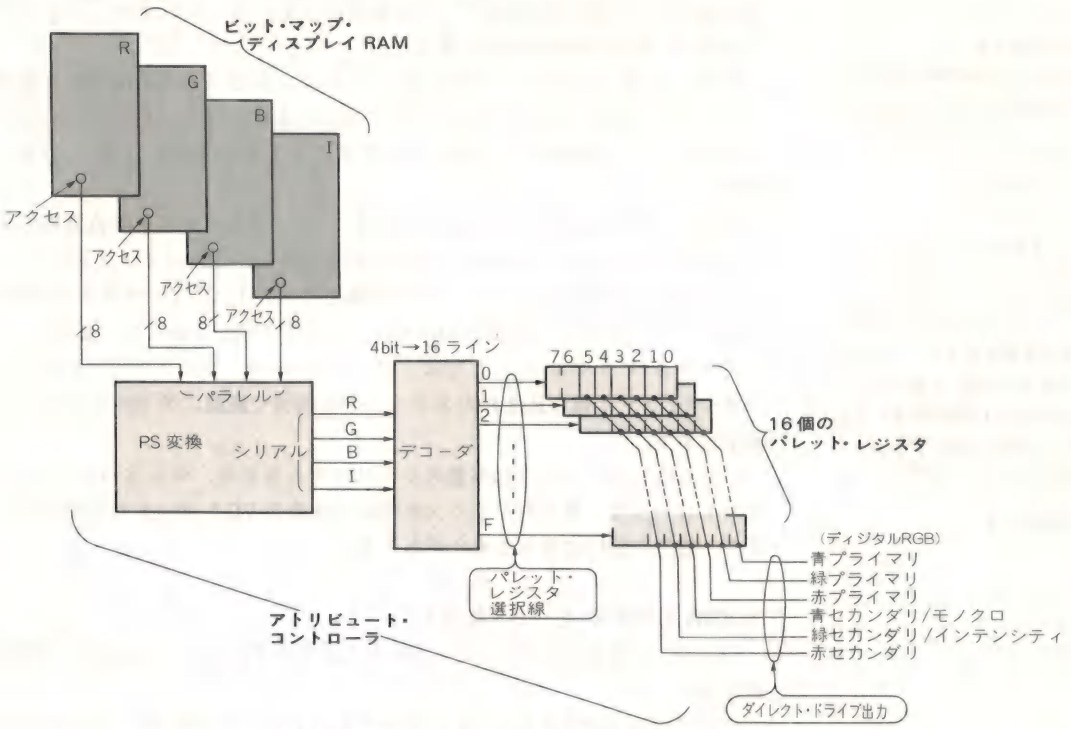
パックト・ピクセル・モードでは，ビデオ・バッファ上の連続した 8 ビットを 1 ピクセルに割り当てます．したがって，データの領域は 1 プレーンだけです．1

ピクセル

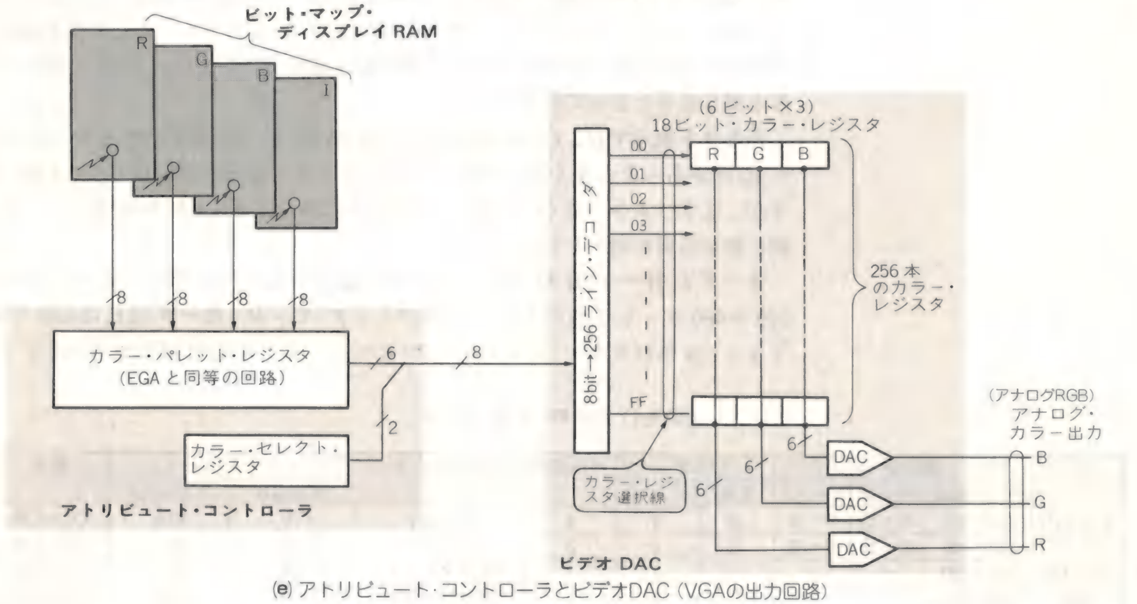
テレビやパソコン・ディスプレイなどで，画面を構成する 1 画素（1 ドット）のことをピクセル (pixel) と呼ぶ．

pixel は，pix（picture の俗語）と element（要素）を合わせた造語．

〈図 4-3〉 VGA のハードウェア構成（続き）



(d) アトリビュート・コントローラの詳細 (EGAの出力回路)



(e) アトリビュート・コントローラとビデオDAC (VGAの出力回路)

回でビデオ・バッファの1ピクセルのデータにアクセスできますから，グラフィックス・コントローラは使いません.

アトリビュート・コントローラとビデオ DAC によって，表示色の制御を行います.

アトリビュート・コントローラは EGA から使われるようになったものです.

カラー・パレット
パレット上で絵の具を混ぜ合わせて色を調合しておくのと同じように，いくつかの色をあらかじめ設定しておくことから，カラー・パレットと呼ばれる．

カラー・プレーン・モード
ビデオ・バッファに同じ大きさの4枚のプレーン（平面）をもち，各プレーンの同じ位置にある1ビットずつを集めた4ビットで1ピクセルを表す方式．4枚のプレーンはそれぞれI（輝度情報）とR，G，Bの三原色に対応する．
各色ごとのプレーンをもつということから，カラー・プレーン・モードと呼ばれる．

RGBそれぞれ2ビットを使って，$2^6 = 64$色を表示する能力をもちます．また，あらかじめ16色分のRGBデータを設定しておいて，それを4ビットで呼び出す**カラー・パレット**機能をもちます．

ビデオDACはVGAから採用されたもので，RGBそれぞれ6ビットを使って$2^{18} = 262144$色のアナログRGB信号を発生します．また，あらかじめ256色分のRGBデータを設定しておき，それを8ビットで呼び出すカラー・パレット機能をもちます．

カラー・プレーン・モードでは，ビデオ・バッファの4ビットの色情報でアトリビュート・コントローラの6ビット出力を呼び出し，それに2ビットのカラー・セレクト・コードを加えた8ビットの色情報でビデオDACでアナログRGB信号を生成します．EGAとの互換性のために，二重の手間がかかっています．

パックト・ピクセル・モードでは，アトリビュート・コントローラを使わず，ビデオ・バッファに書き込まれた8ビットの色情報で直接この256色を呼び出して表示します．

これらのコントローラは多数のレジスタをもちます．サードパーティのVGAコントローラは，基本的なレジスタ構成は標準のVGAボードと互換性がありますが，細部の動作は異なる場合があります．

③ VGAのビデオ・モード（表4-1）

VGAは15種類のビデオ・モードをもち，モードによって表示能力や動作が変わります．

モード00H～06HはCGA互換のテキストおよびグラフィック・モード，モード07HはMDA互換のテキスト・モード，モード0DH～10HはEGA互換のグラフィック・モードです．いずれも従来のビデオ・システムとの互換性を維持するために設けられたもので，モード番号も従来のMDA，CGA，EGAのモード番号と同じ番号となっています．

テキスト表示では，CGA互換で80字×25行/16色表示ができるモード02H～03Hがもっとも多く用いられているようです．表示文字数はCGAと同じですが，文字フォントはCGAの8×8ドットに対してVGAは9×16ドットと大幅に表示品質が向上しています。

モード11H～13HがVGAで新たに追加されたモードです．モード11Hは640×480ドット/2色のカラー・グラフィック・モード，モード12Hは640×480ドット/16色のカラー・グラフィック・モード，モード13Hは320×200ドット

〈表4-1〉VGAのビデオ・モード

番号	解像度			表示色		ページ数	表示モード	スキャン・レート		備考
	ドット構成	行×桁	フォント	色数	ビット数			垂直(Hz)	水平(kHz)	
00H/01H	360×400	40×25	9×16	16	4	8	テキスト	70	31.5	CGA互換
02H/03H	720×400	80×25	9×16	16	4	8	テキスト	70	31.5	CGA互換
04H/05H	320×200	–	–	4	2	1	グラフィック	70	31.5	CGA互換
06H	640×400	–	–	2	1	1	グラフィック	70	31.5	CGA互換
07H	720×400	80×25	9×16	モノクロ	–	8	テキスト	70	31.5	MDA互換
0DH	320×200	–	–	16	4	8	グラフィック	70	31.5	EGA互換
0EH	640×200	–	–	16	4	4	グラフィック	70	31.5	EGA互換
0FH	640×350	–	–	モノクロ	–	2	グラフィック	70	31.5	EGA互換
10H	640×350	–	–	16	4	2	グラフィック	70	31.5	EGA互換
11H	640×480	–	–	2	1	1	グラフィック	60	31.5	
12H	640×480	–	–	16	4	1	グラフィック	60	31.5	
13H	320×200	–	–	256	8	1	グラフィック	70	31.5	

/256色のカラー・グラフィック・モードです．とくに，モード12Hがもっとも代表的なVGAのビデオ・モードといえます．

モード12Hではカラー・プレーン・モードを用いて1ピクセルを4ビットで表します．そのために，640×480＝307200ビット＝38400バイトのプレーンが4枚(C0～C3)用意されます．ビデオ・バッファのアクセスは，アドレス空間のA0000H～A95FFHの38400バイトを通して行います．トータルのVRAM容量は38400×4＝150Kバイトと128Kバイトを越えていますが，4プレーンに分けることによって，128Kバイトのアドレス空間でアクセスすることが可能です．プレーンの切り替えは，グラフィック・コントローラを用いて行うことができます．また，データのアクセスにもグラフィック・コントローラを用いると，直接ビデオ・バッファをアクセスすることにより，効率よくアクセスできます．

モード13Hでは**パックト・ピクセル・モード**を用いて1ピクセルを8ビットで表します．VRAM容量は320×200×8＝512000ビット＝64000バイトです．このビデオ・バッファはアドレス空間のA0000H～AF9FFHに置かれます．

④ VGAのビデオBIOS(表4-2)

VGAのビデオBIOSは，**INT10Hのファンクション・コール**によって表示に必要なさまざまなサービスを提供しています．

ビデオBIOSはテキスト表示とグラフィック表示をサポートしますが，直線や円などの基本図形の描画命令をサポートしていないため，グラフィック・モードではあまり役に立ちません．グラフィック・モードのアプリケーションでは，ビデオBIOSのかわりに，コンパイラに付属するグラフィック・ライブラリを用いるのが一般的です．また，最近ではグラフィック・アクセラレータを使用してハ

〈表4-2〉VGAのビデオBIOS

AH	機　　能
00H	ビデオ・モードの設定
01H	カーソル・タイプの設定
02H	カーソル位置の設定
03H	カーソル位置の読み出し
04H	ライトペン位置の読み出し
05H	アクティブ・ページの選択
06H	上スクロール
07H	下スクロール
08H	現在のカーソル位置の文字/属性の読み出し
09H	現在のカーソル位置に文字/属性の書き込み
0AH	現在のカーソル位置に文字の書き込み
0BH	カラーパレットの設定
0CH	指定位置にドットの書き込み
0DH	指定位置のドットの読み出し
0EH	テレタイプ・モードの文字書き込み
0FH	ビデオ・ステータスの読み出し
10H	パレット・レジスタの設定
11H	キャラクタ・ジェネレータの設定/情報の読み出し
12H	補助機能
13H	文字列の書き込み
14H～15H	PCコンバーチブル(ポータブル機)専用
16H～19H	予約
1AH	ディスプレイ・コンディション・コードの読み出し/書き込み
1BH	ステータスの読み出し
1CH	ステータスの読み出し/書き込み
1DH～FFH	予約

パックト・ピクセル・モード

連続する8ビットで1ピクセルを表す方式．8ビット分のデータをパックしたものが1ピクセルに対応するということから，パックト・ピクセル・モードと呼ばれる．

INT10Hのファンクション・コール

Intel社のx86アーキテクチャでは，サブルーチンを呼び出すためにソフトウェア割り込みを利用できる．ソフトウェア割り込みはINT xxH命令を実行することによってあらかじめ登録されている割り込みサービス・ルーチンを呼び出すというもので，xx=00～FFの256個の割り込みサービス・ルーチンを扱うことができる．

BIOSやOSのサービスでは，このソフトウェア割り込みを主に用いており，ファンクション・コールと呼んでいる．

ードウェアで描画を行っています．

テキスト・モードでは，文字コード/アトリビュートの読み出し/書き込み，カーソルの制御，ページの切り替えなどのサービスを利用できます．

⑤ VGA のコネクタと信号線（図 4-4）

VGA コントローラはアナログ RGB 信号を生成して，ディスプレイに対して出力します．出力される信号には，VSYNC（垂直同期），HSYNC（水平同期）の二つの同期信号と，R（赤），G（緑），B（青）の三つのビデオ信号があります．また，その他に MONID0 と MONID1 の二つのモニタ ID 信号がありますが，現在ではほとんど使われていません．それらに GND などを合わせて，15 ピンの**シュリンク D-SUB** コネクタで CRT と接続されます．ただし 9 ピンはメカニカル・キーとして省略されており，信号線の数は 14 本です．

シュリンク D-SUB

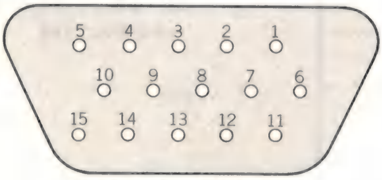
シュリンク（shrink）とは，布などが縮むという意味．コネクタや IC パッケージでは，従来のものより縮小された，という意味で用いる．

ちなみに D-SUB は，D 型の形状の超小型コネクタ（D-shell SUB-compact connector）の略．

最近では，PnP を実現するために CRT ディスプレイの情報を本体側で取得したり，本体側から CRT ディスプレイの動作を制御することが必要になってきました．そこで，CRT ディスプレイとパソコン本体の間で情報をやり取りするための新しいインターフェースとして，DDC（Display Data Channel）が VESA で標準化され，使われるようになりました．

DDC には，CRT ディスプレイからパソコンに単方向のデータを送る DDC1 と，双方向でデータをやり取りできる DDC2B があります．データのやり取りのための信号線には，従来の VGA コネクタの空きピンや MONID ピンが利用されます．同期信号や RGB 信号の信号ピンは変わっていませんから，DDC 対応のビデオ・ボードや CRT ディスプレイと DDC 非対応のビデオ・ボードや CRT ディスプレイを接続しても，たいていの場合は問題ありません．

〈図 4-4〉VGA コネクタと信号線



15ピン・シュリンクD-Sub

1：R ｝アナログ出力
2：G
3：B
4：(NC)
5：GND
6：R-GND ｝アナログ・グラウンド
7：G-GND
8：B-GND
9：(NC)
10：GND
11：MONID0 ｝ディジタル入力
12：MONID1
13：HSYNC ｝ディジタル出力
14：VSYNC
15：(NC)

12：DDC DATA ｝ディジタルI/O
15：DDC CLK

〈表 4-3〉VGA の信号タイミング

水平ピクセル数	640	ピクセル
垂直ライン数	480	ライン
水平スキャン・レート	31.469	kHz
垂直スキャン・レート	59.94	Hz
ピクセル・クロック・レート	25.175	MHz
水平スキャン期間	800	ピクセル
水平有効表示期間	640	ピクセル
水平ブランク期間	144	ピクセル
水平ボーダ期間(左)	8	ピクセル
水平ボーダ期間(右)	8	ピクセル
水平フロント・ポーチ	8	ピクセル
水平同期パルス幅	96	ピクセル
水平バック・ポーチ	8	ピクセル
垂直スキャン期間	525	ライン
垂直有効表示期間	480	ライン
垂直ブランク期間	29	ライン
垂直ボーダ期間(左)	8	ライン
垂直ボーダ期間(右)	8	ライン
垂直フロント・ポーチ	2	ライン
垂直同期パルス幅	25	ライン
垂直バック・ポーチ	2	ライン
水平同期パルス極性	負	
垂直同期パルス極性	負	
インタレース	ノン	

⑥ VGA のディスプレイと信号タイミング（表 4-3）

VGA の出力はアナログ RGB ディスプレイに表示されます．ビデオ・モードによって解像度が変わりますが，水平スキャン・レートはすべて 31.5 kHz となっています．また，垂直スキャン・レートは 60 Hz または 70 Hz です．

もっとも代表的な 640 × 480 ドット/16 色（モード 12 H）の場合，垂直スキャン・レートは 60 Hz で，走査線数 525 本のノンインタレース・ディスプレイに表示できます．アスペクト比は 640 × 480 = 4:3 です．インタレースとノンインタレースの違いはありますが，これは NTSC 方式のテレビ・ディスプレイとよく似ています．

水平方向の表示は 640 ピクセルですが，その両側に**ボーダ**の期間が 8 ピクセルずつあり，また帰線期間（水平ブランキング）が 144 ピクセルあります．すなわち，水平ピクセル数はトータルで 640 + 2 × 8 + 144 = 800 ピクセルとなります．また，垂直方向の表示は 480 ラインですが，その両側にボーダの期間が 8 ラインずつあり，また帰線期間（垂直ブランキング）が 29 ラインあります．すなわち，走査線数はトータルで 480 + 2 × 8 + 29 = 525 ラインとなります．

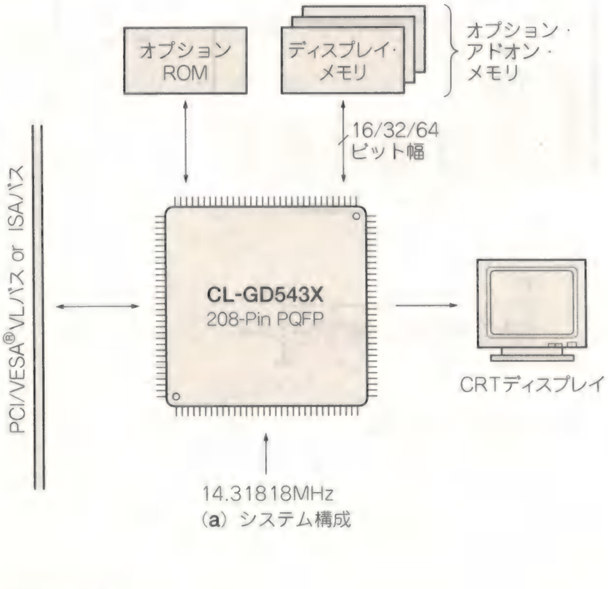
ボーダ
背景の枠という意味だが，通常は何も使われない．ブランキングの一部と考えられる．

VESA Display Monitor Timing Standards（DMT）には，リファレンスとして VGA の標準的な信号タイミングも収録されています．水平スキャン・レート f_H = 31.469 kHz，ブランキングも含めて 1 ラインは 800 ピクセルですから，ピクセル・クロック f_{CLK} = f_H × 800 = 25.175 MHz となります．また，垂直スキャン・レート f_V = 59.94 Hz，ブランキングも含めて 1 フレームは 525 ラインです．同期信号のパルス幅は，HSYNC が 3.813 μs（96 ピクセル），VSYNC が 64 μs（2 ライン）です．

⑦ VGA の回路例

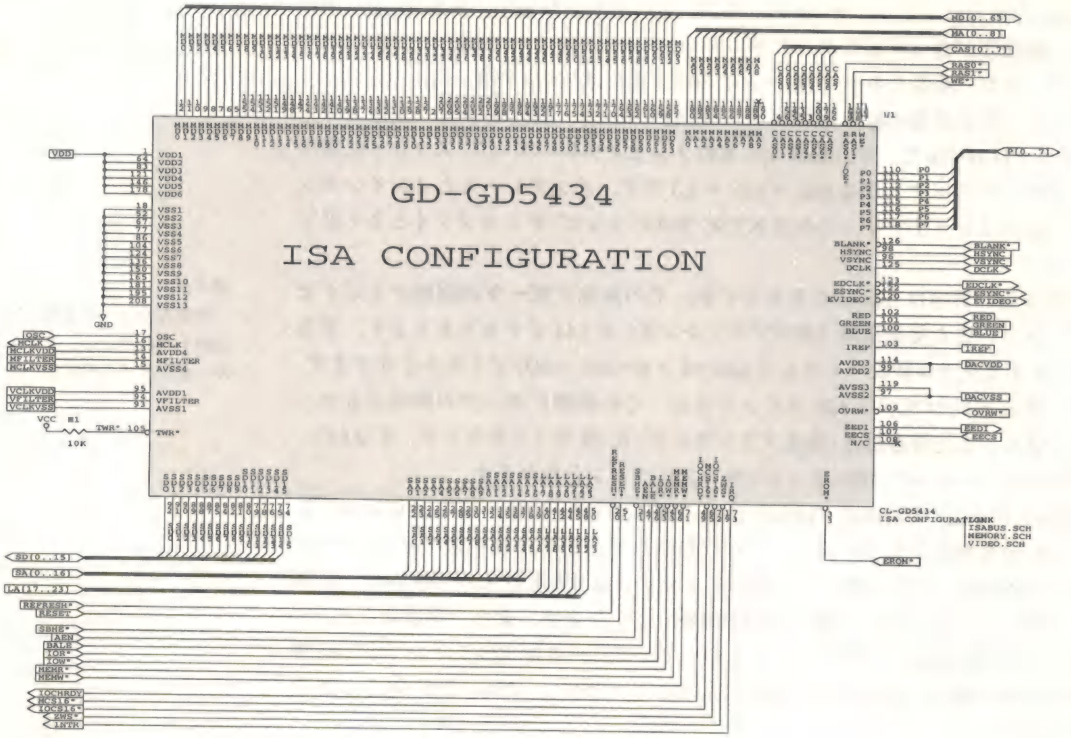
ISA バス用の VGA アクセラレータを用いた回路例を**図 4-5** に示します．

〈図 4-5〉 * VGA アクセラレータの回路例

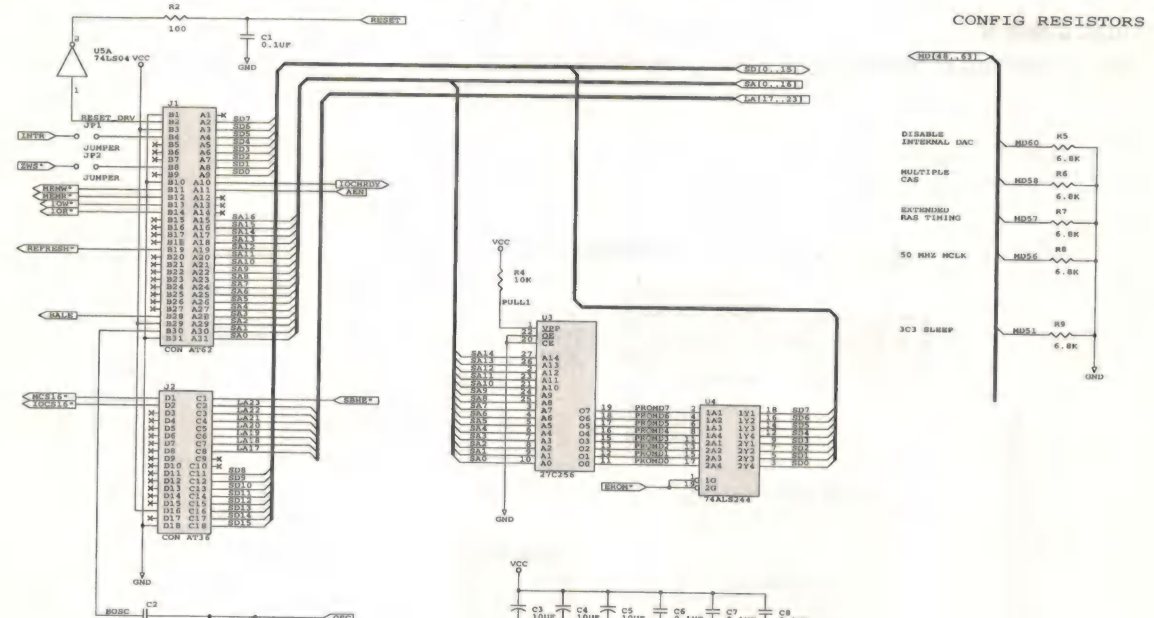


(a) システム構成

〈図 4-5〉*VGA アクセラレータの回路例（続き）

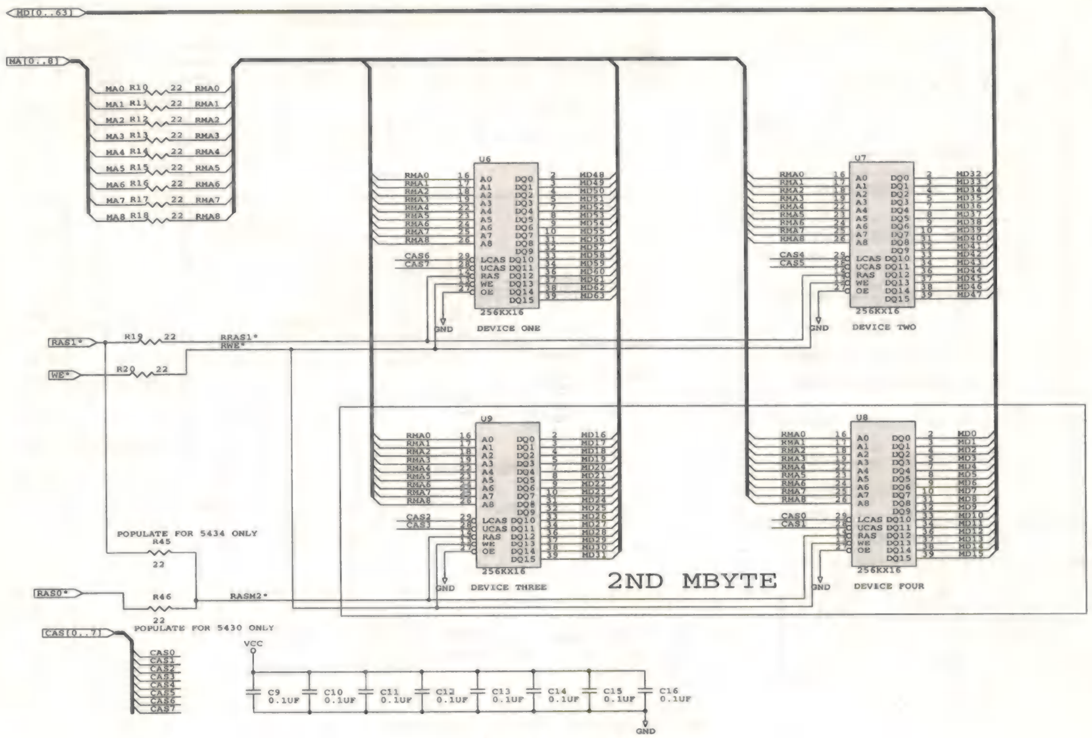


(b) アクセラレータ周辺の回路



(c) ISAインターフェース部

〈図4-5〉*VGAアクセラレータの回路例（続き）



(d) ビデオバッファ部

現在では，シングルチップのVGAコントローラLSIを用いて簡単にシステムを構成することができます．コントローラLSIには，CRTコントローラ，グラフィック・コントローラからビデオDACにいたるまで，すべてのVGA機能が集積されています．また，VGAより高解像度，多色表示をサポートするとともに，描画を高速化するアクセラレータ機能を内蔵しているのが普通です．一般に，グラフィック・アクセラレータと呼ばれています．

ただし，すべての機能を内蔵しているといっても，ビデオ・バッファは一般に外付けとなります．同じアクセラレータを用いても，ビデオ・バッファの容量やスピード，機能（単なるDRAMかデュアルポートRAMか，など）によって，表示できる解像度や色数，表示のスピードや，システムのコストが変わってきます．

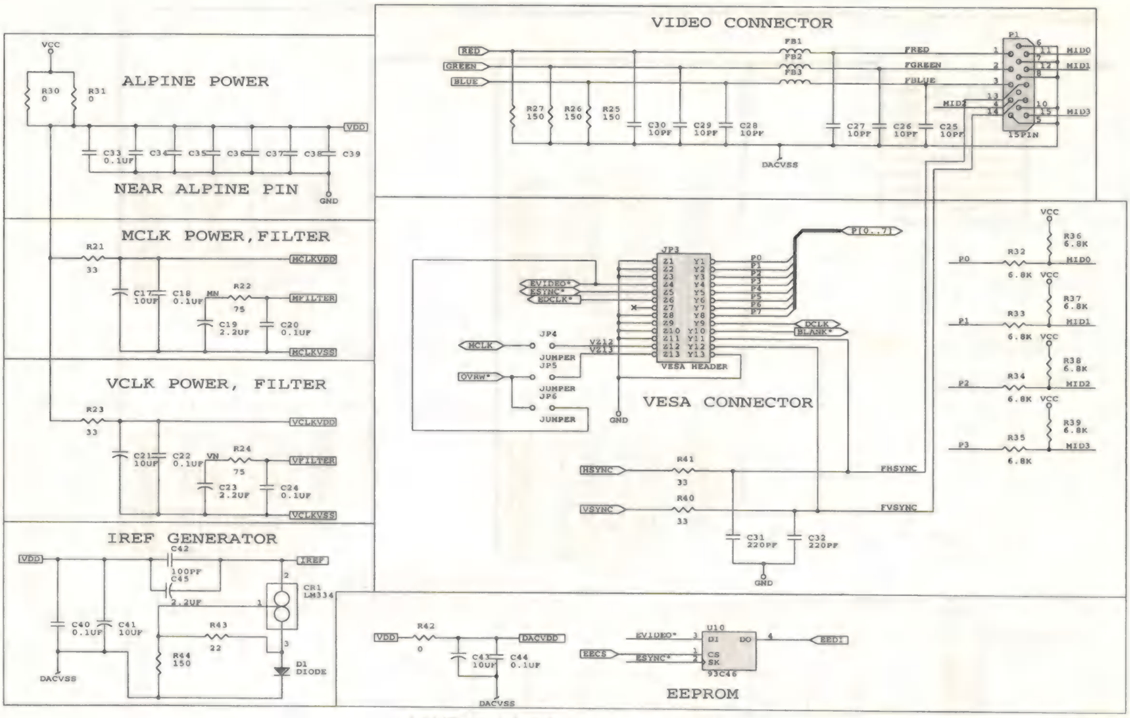
◆ 参考・引用*文献 ◆

(1) VESA, Display Monitor Timing Standards(DMT), Ver. 1.0, Rev. 0.7,1996

(2) ソフトバンク、IBM PCビデオシステムプログラミング、1994

(3) *Cirrus Logic, CL-GD543x/'4X データシート

〈図 4-5〉*VGA アクセラレータの回路例（続き）



(e) VGAコネクタとフィーチャコネクタ

トランジスタ技術 エレクトロニクスの基礎と実用技術を満載したフィールド・ワーク・マガジン
SPECIAL No.52
B5判 160頁
定価 1,835円（税込）

特集　ビデオ信号処理の徹底研究
映像信号の基礎から高画質化のためのディジタル信号処理の方法まで

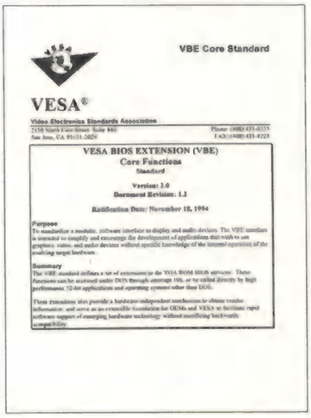
モニタ画面の大型化や，映像の高画質化のニーズにより，ビデオ信号をディジタル処理して，これに応えようという映像信号処理の技術が一般化してきました．この高画質な映像を映し出すハードウェアのほうはどうなっているのでしょう．開発以来あまり変わらない（それほどよくできた）テレビ信号の基礎から，新しいテレビ放送信号 EDTV-II（クリアビジョン）の仕組みとその技術，さらにパソコンのモニタにも使われている高画質なカラー・ディスプレイの技術をやさしく解説します．

第1章 なぜテレビに映像が映るのか テレビジョン信号の構成と成り立ち
第2章 PAL方式とSECAM方式の信号を理解する NTSC信号以外の映像信号を理解する
第3章 EDTVの歴史とノン・インターレス走査の利点 高画質化のためのテレビ信号と走査方法
第4章 チューナ，IF信号処理，輝度・色信号処理，音声信号処理回路 テレビ内部の信号処理回路の動作
第5章 ビデオ信号のA-D/D-A変換技術とビデオ・メモリの構成法 映像信号をディジタル信号にする技術
第6章 ピクチャ・イン・ピクチャや画質改善のために必要な技術 映像信号のディジタル処理技術
第7章 映像信号を水平，垂直，時間の3次元で考える 高画質化のための信号処理技術
第8章 A-Dコンバータ，同期分離，クロック発生，フィールド・メモリ，ディジタル信号処理LSIによる 映像信号の3次元Y/C分離回路の設計
第9章 ディスプレイの構造からパソコン制御のためのDDC規格の概要まで 映像を映し出すディスプレイの技術

CQ出版社　〒170-8461 東京都豊島区巣鴨 1-14-2 販売部　☎(03) 5395-2141　振替 00100-7-10665

第2-5章　VGAの上位互換ビデオ・システム

SVGA



〈名称〉

Super Video Graphics Array

〈発行者〉

VESA (Video Electronics Standards Association)

〈仕様書〉

VESA Mode 6 AH Graphics Standard, 1989

VESA BIOS Extension(VBE)Ver. 1.2,1991

VESA BIOS Extension(VBE)Ver. 2.0,1994

VESA Monitor Timing Manufacturing Guideline/Standard, 1990～1996

VESA Display Monitor Timing Standards(DMT)Ver. 1.0,1996

〈情報入手先〉

http://www. vesa. org

サードパーティによって独自に拡張されたビデオ・システム

AT互換機の標準的なビデオ・システムとしてはVGAが使われてきましたが，次第にVGAを越える表示能力が求められるようになってきました．**サードパーティ**によって開発されたVGA上位互換のビデオ・システムを総称してSVGA (Super VGA) と呼んでいます．最近のAT互換機ではSVGAが主流となっています．

VGAはもともとPS/2用の標準ビデオ・システムとしてIBM社が開発したもので，640×480ドット/16色のノンインタレース表示ができます．最初に発表された1987年頃には，VGAは一般のパソコン用ビデオ・システムとしてはもっとも高い表示能力をもつものでした．VGAより高解像度のビデオ・システムはいくつかありましたが，それらはおもにCADなどの特別な用途に用いられていました．

たとえば，IBM社ではPS/2用のオプション・ビデオ・システムとして1024×768ドット/256色表示ができる8514/Aを発売しましたが，一般ユーザには浸透しませんでした．当時は1024×768ドットの表示に適する17インチ以上の大型ディスプレイが高価だったこと，動作周波数の低いCRTディスプレイを用いるためにインタレース表示を採用していたことなどが原因です．その後，IBM社ではVGAと8514/Aを統合してさらに高機能を付加した次世代ビデオ・システムとしてXGAを発売しましたが，やはりあまり普及せずに終わりました．

一方，AT互換機用のビデオ・ボードを発売していたサードパーティの間では，一般ユーザをターゲットとして，標準VGAを上回る独自の高性能ビデオ・ボードを開発する動きが盛んになってきました．VGAと上位互換性を保ちながら，コストを無理なく抑えられる範囲で解像度，色数の拡大や，グラフィック・アクセラレータによる描画の高速化が進められました．

SVGAは，このようにサードパーティによって独自に拡張されたビデオ・シス

サード・パーティ
もともとは第三者とか第三の当事者という意味の法律用語．たとえば，事件の被害者と加害者がいて，それ以外の当事者がいるときにサード・パーティと呼ぶ．
コンピュータ業界では，オリジナルの開発メーカ，開発メーカとライセンス契約を結んだセカンドソース・メーカに対して，自由な立場で製品化を行うメーカをサード・パーティと呼んでいる．

テムの総称です．したがって，SVGA という規格があるわけではありません．また，VGA のように一つのシステムとして構築されているわけでもありません．

SVGA は各メーカによって独自に拡張されたものですから，拡張機能の部分では互換性は保証されません．しかし，あまり各メーカがばらばらでも困るので，ビデオ・ボードのメーカなどのサードパーティが連合して，標準化団体の VESA (Video Electronics Standards Association) が設立されました．VESA では，VGA 以降のビデオ・システムの拡張に関するさまざまな規格やガイドラインを発行しています．

1989 年に VESA が最初にまとめた規格が「VESA Mode 6 AH Graphics Standard」です．これは，当時の SVGA でもっとも一般的だった 800 × 600 ドット/16 色のカラー・グラフィック表示の仕様を定めたもので，それをビデオ・モード 6 AH に割り当てています．この 800 × 600 ドットの解像度は VGA と同じ 4:3 のアスペクト比をもち，安価な 14 ～ 15 インチ・ディスプレイでも実用的な表示が得られることから，現在にいたるまで広く用いられています．

この「VESA Mode 6 AH Graphics Standard」にさまざまな解像度や色数のビデオ・モードを追加し，さらに VGA ビデオ BIOS 上位互換の拡張ファンクション・コールとしてまとめたのが「VESA BIOS Extension (VBE)」です．VBE は 1991 年に Ver. 1 が発行され，1994 年に Ver. 2 にバージョンアップされました．

一方，VESA ではさまざまな解像度に対するビデオ信号のタイミングについても詳細なガイドラインや規格をまとめています．1990 年から 1996 年にかけて，随時「VESA Monitor Timing Manufacturing Guideline」，「VESA Monitor Timing Manufacturing Standard」として発行されたものが，1996 年に「VESA Display Monitor Timing Standards (DMT)」としてまとめられました．

そのほかにも，ビデオ BIOS を使わず**プロテクト・モード**で SVGA を用いるためのインターフェースを定めた「VESA Super VGA Protected Mode Interface (SVPMI)」，VGA のアナログ RGB インターフェースを拡張してパソコン本体とディスプレイ間で情報をやり取りする「Display Data Channel (DDC)」，DDC でやり取りする情報のフォーマットを定めた「VESA Display Information File (VDIF)」，15 ピン VGA コネクタに代わる新しいインターフェースを定めた「Enchanced Video Connector Physycal Connector and Pinout & Signal Standard (EVC)」など，SVGA に関連する VESA の規格はいくつもあります．

これらの VESA の規格にはもちろん強制力はなく，独自仕様の SVGA ビデオ・ボードもたくさん作られています．また，ビデオ関係の仕様はもともとの VGA も含めてたいへん複雑であり，VESA 規格に準拠した製品どうしでも完全な互換性が得られないという問題がありました．しかし，最近ではそのあたりはかなり改善されてきているようです．

プロテクト・モード

80386 以後の IBM 社の 32 ビット CPU は大別するとリアル・モードとプロテクト・モードの二つの動作モードをもつ．

プロテクト・モードはもともとマルチタスク対応のモードであり，各タスクに与えられたメモリ空間は，ほかのタスクから書き換えられたりしないように保護されている．そのため，プロテクト・モードという名称になった．

リアル・モードは 8086 (8088) 互換のモードであり，CPU のリセット直後はリアル・モードで動作する．BIOS はリアル・モードで動作し，DOS も基本的にはリアル・モードの OS である．それに対して，Windows 95 は基本的にプロテクト・モードの OS である．

VBE で決めた VGA を超えるビデオ規格

① VBE のビデオ・モード (表 5-1)

VGA までの 15 種類のビデオ・モードに加えて，VBE (VESA BIOS Extention) では 28 種類のビデオ・モードを定義しています．大別すると，16/256 色のグラフィック・モード，テキスト・モード，32 K ～ 16.8 M 色の多色表示グラフィック・モードの三つのグループに分かれます．グラフィック・モードの解像度は，320 × 200 ドット，640 × 400 ドット，640 × 480 ドット，800 × 600 ドット，1024 × 768 ドット，1280 × 1024 ドットの 6 種類があります．

〈表 5-1〉VBE のビデオ・モード

番号	解像度		表示色		表示モード	VRAM容量
	ドット構成	テキスト	色数	ビット数		バイト数
100H	640×400	−	256	8	グラフィック	250K
101H	640×480	−	256	8	グラフィック	300K
102H/6AH	800×600	−	16	4	グラフィック	234K
103H	800×600	−	256	8	グラフィック	469K
104H	1024×768	−	16	4	グラフィック	384K
105H	1024×768	−	256	8	グラフィック	768K
106H	1280×1024	−	16	4	グラフィック	640K
107H	1280×1024	−	256	8	グラフィック	1.25M
108H	−	80×60	−	−	テキスト	−
109H	−	132×25	−	−	テキスト	−
10AH	−	132×43	−	−	テキスト	−
10BH	−	132×50	−	−	テキスト	−
10CH	−	132×60	−	−	テキスト	−
10DH	320×200	−	32K	16(1:5:5:5)	グラフィック	125K
10EH	320×200	−	64K	16(5:6:5)	グラフィック	125K
10FH	320×200	−	16.8M	24(8:8:8)	グラフィック	188K
110H	640×480	−	32K	16(1:5:5:5)	グラフィック	600K
111H	640×480	−	64K	16(5:6:5)	グラフィック	600K
112H	640×480	−	16.8M	24(8:8:8)	グラフィック	900K
113H	800×600	−	32K	16(1:5:5:5)	グラフィック	938K
114H	800×600	−	64K	16(5:6:5)	グラフィック	938K
115H	800×600	−	16.8M	24(8:8:8)	グラフィック	1.37M
116H	1024×768	−	32K	16(1:5:5:5)	グラフィック	1.5M
117H	1024×768	−	64K	16(5:6:5)	グラフィック	1.5M
118H	1024×768	−	16.8M	24(8:8:8)	グラフィック	2.25M
119H	1280×1024	−	32K	16(1:5:5:5)	グラフィック	2.5M
11AH	1280×1024	−	64K	16(5:6:5)	グラフィック	2.5M
11BH	1280×1024	−	16.8M	24(8:8:8)	グラフィック	3.75M
81FFH	予約	−	−	−	スペシャル	

VGA までのビデオ・システムでは 1 バイトのモード番号でビデオ・モードを管理しており，00 H ～ 13 H のモード番号が使われていました．そこで，VESA が最初に 800 × 600 ドット/16 色のビデオ・モードを定義したときは，1 バイトの未使用モード番号の中から 6 AH のモード番号を割り当てました．しかし，1 バイトのモード番号は IBM 社やサードパーティによって異なるビデオ・モードに割り当てられる可能性があるため，VESA ではモード番号の割り当てを全面的に見直し，VBE では新たに 100 H ～ 11 BH の 2 バイトのモード番号が割り当てられました．

VBE でサポートする解像度，色数はこれだけですが，SVGA としてはこれ以外の解像度，色数もかなり使われています．たとえば，最近では 1600 × 1200 ドットの高解像度をサポートするシステムが増えています．しかし，VESA では VBE でこれ以上新しいビデオ・モードの割り当ては行わないと述べています．最近では，Windows をはじめとして，BIOS のモード番号を使わずに直接解像度や色数を制御する方法が主流になり，ビデオ・モードの割り当てはあまり重要でなくなったためです．

② VBE のメモリ・モデル（表 5-2）

VGA では VRAM の利用のしかたがテキスト・モード，カラー・プレーン・モード，パックト・ピクセル・モードなどに分けられています．

カラー・プレーン・モードはモード 12 H の 16 色グラフィックで使われており，

〈表 5-2〉VBE のメモリ・モデル

番号	モード
00H	テキスト・モード
01H	CGAグラフィック
02H	ヘラクレス・グラフィック
03H	Planar(カラー・プレーン)
04H	パックト・ピクセル
05H	ノンチェイン4，256色のみ
06H	ダイレクト・カラー
07H	YUV
08H～0FH	VESAのための予約
10H～FFH	OEMのための予約

4ビットのピクセル・データを4プレーンのビデオ・バッファに1ビットずつ記憶します．すなわち，各プレーンはモノクロ・グラフィックと同じ1ビット1ピクセルのデータ構造になります．パックト・ピクセル・モードはモード13Hの256色グラフィックで使われており，8ビットのピクセル・データをビデオ・バッファ上の連続する8ビットに記憶します．

VBEではこれらを拡張して，テキスト・モード，CGAグラフィック，ヘラクレス・グラフィック，カラー・プレーン，パックト・ピクセル，ノンチェイン4，ダイレクト・カラー，YUVモードの8種類のメモリ・モデルを定義しています．

CGAグラフィックは，CGAの4色グラフィックで用いられていた方法で，データ構造は2ビットのパックト・ピクセル・モードと同じです．ヘラクレス・グラフィックは，IBM PCの時代に人気のあったヘラクレス社のビデオ・ボードで用いられていた方式です．また，ノンチェイン4は，8ビットのピクセル・データを4プレーンに2ビットずつ記憶する方式で，カラー・プレーンとパックト・ピクセルの中間です．これらは現在はほとんど用いられていません．

ダイレクト・カラーは*N*ビットのピクセル・データをビデオ・バッファ上の連続するNビットに記憶する方式で，データ構造はパックト・ピクセルと同じです．パックト・ピクセルとの違いは，記憶されるピクセル・データそのものにあります．VGAのパックト・ピクセル・モード（256色表示）では，8ビットのピクセル・データはRGBデータそのものではなく，あらかじめパレットに設定した256色を呼び出すための番号です．ダイレクト・カラーの場合には，*N*ビットのピクセル・データはRGBデータそのものです．そのため，ダイレクト・カラーと呼ばれるようになりました．

YUVモードは，RGB三原色のかわりにNTSCなどのテレビ信号のように輝度信号(Y)と色信号（U，V）を用いる方式です．パソコン・グラフィックではほとんど用いられませんが，**ビデオ・キャプチャ・ボード**などテレビ信号と関係する用途では広く用いられている方式です．

このほかにも，さまざまなメーカ独自の方式が用いられています．しかし，全体として16色表示はカラー・プレーン，256色表示はパックト・ピクセル，32K以上の多色表示はダイレクト・カラーを用いる製品が多いようです．

ビデオ・キャプチャ・ボード

テレビ放送やVTRなどの動画をパソコンに取り込んで表示，記録するためのボード．ビデオ方式の違いに合わせてNTSC用，PAL用，SECAM用などがある．

記録といっても，動画そのものを記録するにはMPEGエンコードなどの機能が必要で，高価になる．静止画像だけを記録できるものや，表示だけで記録の機能をもたないものが普及している．

③ VBEのファンクション・コール（表5-3）

VBEでは，VGAのビデオBIOSのファンクション・コールに加えて，独自の拡張ファンクション・コールによるサービスを提供しています．VGAと同様にINT10Hを利用します．

VGAのビデオBIOSでは，1バイトのファンクション番号をAHに書き込ん

〈表5-3〉VBEのファンクション・コール

AH	AL	機　能
00H～4EH	−	VGAファンクション
4FH	00H	コントローラ情報の読み出し
4FH	01H	モード情報の読み出し
4FH	02H	ビデオ・モードの設定
4FH	03H	現在のビデオモードの読み出し
4FH	04H	ステータスの読み出し/書き込み
4FH	05H	表示ウィンドウの制御
4FH	06H	論理スキャン・ライン長の読み出し/書き込み
4FH	07H	表示スタート位置の読み出し/書き込み
4FH	08H	パレット・フォーマットの読み出し/書き込み
4FH	09H	パレット・データの読み出し/書き込み
4FH	0AH	プロテクト・モードに戻る
4FH	0BH～0FH	予約
4FH	10H	追加(Power Management Extentions)
4FH	11H	追加(Flat Panel Interface Extentions)
4FH	12H	追加(Cursor Interface Extentions)
4FH	13H	追加(Audio Interface Extentions)
4FH	14H	追加(OEM Extentions)
4FH	15H	追加(Display Data Channel)
4FH	16H	追加(Graphics System Configuration)
4FH	10H～FFH	追加(予約)
50H～FFH	−	VGAファンクション(予約)

でサービスを呼び出します．1バイトのファンクション番号（00H～FFH）はすべて使用されるか予約済みですが，VBEではその中で実際には使われていない4FHを拡張ファンクション・コールの呼び出しに利用し，VBEの拡張ファンクション番号はALに書き込みます．

VBEの拡張ファンクション・コールでは，現在00H～0AHの11個が基本ファンクションとして定義されています．おもな機能としては，VBEコントローラのステータスの読み出し，VBEビデオ・モードの設定や読み出し，大容量VRAMをアクセスするためのディスプレイ・ウィンドウの制御，仮想画面として物理的な画面サイズよりも広い画面をサポートするための論理スキャン・ライン長の制御などが含まれています．また，0BH～0FHは基本ファンクション，10H～FFHは追加ファンクションの拡張用として予約されています．

追加ファンクションは，VESAやサードパーティの規格とBIOSのインターフェースを提供する拡張BIOSファンクションです．詳細はVBEとは別の規格に定められています．現在知られているものとしては，パワー・マネジメント拡張（ファンクション10H，VESA VBE/PM規格），フラット・パネル・インターフェース拡張（ファンクション11H，VESA FPDI規格），カーソル・インターフェース拡張（ファンクション12H，VESA VCI規格），オーディオ・インターフェース拡張（ファンクション13H，VESA VBE/AI規格），OEM拡張（ファンクション14H，サードパーティ規格），ディスプレイ・データ・チャネル（15H，VESA VBE/DDC規格），グラフィック・システム・コンフィギュレーション（16H）などがあります．

④ Windowsのビデオ・システム

DOSアプリケーションがビデオ・システムのハードウェアやBIOSを直接制御するのに対して，Windowsアプリケーションは Windowsが提供する標準のAPI（Application Program Interface）をとおして間接的にビデオ・システムを操

作します．APIはビデオ・ボードに付属するWindows用ドライバを使ってビデオ・ボードを制御します．そのため，標準のAPIとインターフェースできるドライバさえ作れば，ビデオ・チップやビデオ・ボードの内部はどのような構成でもかまいません．

このように，Windowsが普及するにつれて，ビデオ・システムのハードウェア・レベルやBIOSレベルの互換性はあまり重要ではなくなってきています．ただし，DOSを使わないWindows 95/NTのシステムでも，**パワーオン直後**にはBIOSがシステムを管理する期間がありますし，DOSモードで起動したときにはVGAを使います．AT互換機は，そのための最小限のハードウェア/BIOS互換のシステムとしてVGAを残しています．

Windows 95/NTが起動した後は，本来の意味でのVGAはまったく使われません．Windows 95/NTが要求する最低の解像度/色数は640×480ドット/256色ですが，VGAにはこれを満足するモードはないからです．VGAはもともとトータルなビデオ・システムの名称であり，単に640×480ドットの解像度をさすわけではありません．VGAは複数の表示モードをもち，モードごとに解像度，色数，VRAMアドレス，水平/垂直スキャン・レートなどが決められています．解像度640×480ドットなら最大16色，色数256色なら最大320×200ドットに制限されています．

厳密に言えば，640×480ドット/256色はVBEがサポートするSVGAの解像度/色数です．それに限らず，解像度が640×480ドットでも色数が16色を越えるものや，ディスプレイの水平/垂直スキャン・レートが31.5 kHz/60Hzを越えるものは，VGAではなく，すべてSVGAと呼ぶべきです．しかし，現実には単に640×480ドットの解像度をさしてVGAと呼ぶことも多くなっています．

さらに，最近のパソコン・メーカや販売店では640×480ドットの解像度をVGA，800×600ドットの解像度をSVGA，1024×768ドットの解像度をXGA，1280×1024ドットの解像度をSXGAと呼ぶところが増えてきました．

800×600ドットは初期のSVGA製品がサポートする代表的な解像度のひとつでした．しかし，SVGAはVGAを越える表示能力の総称であり，ひとつの解像度だけをSVGAと呼ぶのは問題です．また，1024×768ドットはXGAがサポートする最大の解像度でした．しかし，現在使われている1024×768ドットの表示は，**もともとのXGAの仕様**とはかなり異なります．SXGAという名称は新たに生まれたもので，名付けられた経緯はわかりませんが，XGAの上ということで単純に名付けられたものと思われます．

一般のパソコン・ユーザにとっては，解像度の数字そのものよりも愛称で呼ばれる方がわかりやすいのはたしかですが，SVGA，XGAという名称は混乱を招くので，避けてほしかったと思います．

⑤多色表示のデータ・フォーマット（図5-1）

VGAの16色表示，256色表示は，あらかじめパレットに設定した16種類または256種類の色データ（RGBデータ）を番号で呼び出して表示します．パレットは一般に18ビット（6:6:6）または24ビット（8:8:8）で，それぞれ2^{18} = 262144色または2^{24} = 16777216色を作ることができます．そのため，26万色中16色，26万色中256色または1677万色中16色，1677万色中256色などと呼ばれます．メモリが高価だった時代には，少ないVRAMでさまざまな色を表示できる方法としてこのパレット方式が主流でした．

最近では，ピクセルごとに直接RGBデータをVRAMに書き込むダイレク

パワーオン直後

パソコンでは，パワーオン・リセットが終了してシステムが動作を開始すると，まずROMに書き込まれたパワーオン・セルフテスト（POST）のプログラムが起動してシステム自身のテストと最低限の初期設定を行い，ディスプレイとブート装置（フロッピディスクやハードディスク）を動作可能にする．

続いて，ブートストラップ・ローダのプログラムが起動して，ブート装置（フロッピディスクやハードディスク）上のOS（DOSやWindows）をメイン・メモリに読み込み，OSに動作を渡す．OSが起動するのはそれから．

このPOSTやブートストラップ・ローダの機能は，本来のBIOSの機能ではないが，一般にはこれらも含めてROM BIOSと呼んでいる．

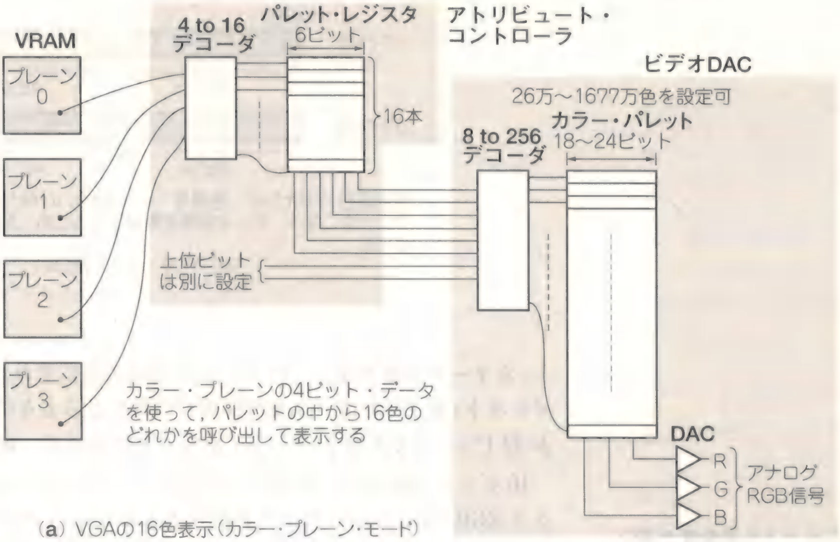
もともとのXGAの仕様

XGA（eXtended Graphic Array）はIBM社がVGAの後継として開発，発売した高解像度のビデオ・システム．VGAがMDA, CGA, EGAの機能を包含する上位互換システムとして作られたのと同様に，XGAはMDA, CGA, EGA, VGAの機能を包含する上位互換システムとなっている．

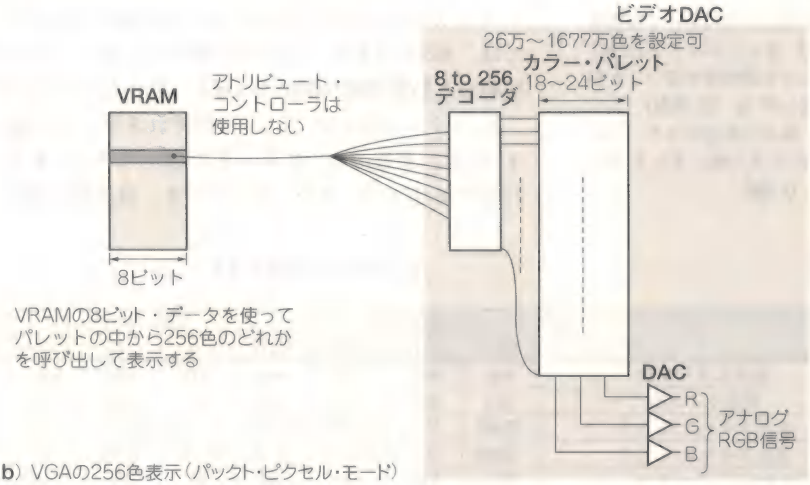
また，XGAでは新たにモード14 H（132行×60桁テキスト），モードH-01H（1024×768ドット/256色），モードH-02H（640×480ドット/65536色），モードH-03H（1024×768ドット/256色），モードH-04H（1024×768ドット/256色）などのビデオ・モードが追加されている．

なお，XGAでは当時のディスプレイの性能を考慮して，1024×768ドットの高解像度モードでは，ディスプレイの動作周波数を低くできるインタレース表示を採用している．

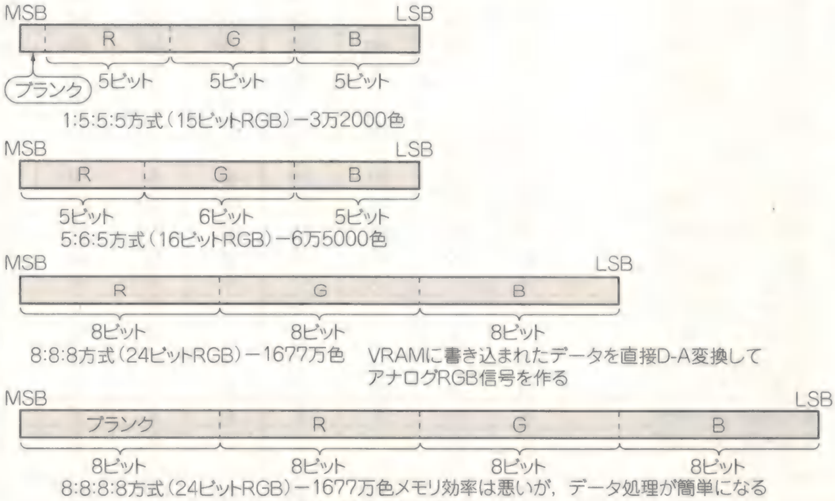
〈図 5-1〉多色表示のデータ・フォーマット



（a）VGAの16色表示（カラー・プレーン・モード）

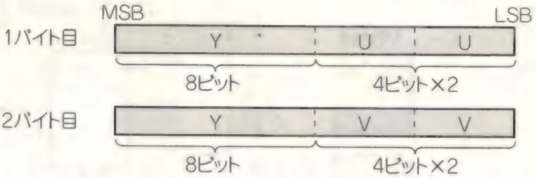


（b）VGAの256色表示（パックト・ピクセル・モード）



（c）ダイレクト・カラー

〈図 5-1〉多色表示のデータ・フォーマット（続き）



輝度信号 Y（8ビット），色信号 U（4ビット），V（4ビット）で1ピクセルのデータになる．データ処理を簡単にするため，UUとVVを交互に並べる

（**d**）YUV 4：2：2方式

ト・カラーが主流となり，パレット方式は次第に使われなくなってきました．ダイレクト・カラーでは，メモリ管理が容易になるように，1 ピクセルに 16 ビットか 32 ビット（または 24 ビット）を割り当てるのが一般的です．

16 ビットの場合は，RGB それぞれ 5 ビットを割り当てる 1:5:5:5 方式（15 ビット RGB）と，G に 6 ビットを割り当てる 5:6:5 方式（16 ビット RGB，通称ハイ・カラー）があります．15 ビット RGB では 2^{15} ＝ 32768 色（3 万 2000 色），16 ビット RGB では 2^{16} ＝ 65536 色（6 万 5000 色）を表示できます．15 ビット RGB では，MSB の 1 ビットは何も使われず余っています．この余りの分を，**視覚的にもっとも解像度が高い G（緑）**に割り当てたのが 16 ビット RGB です．

24 ビットの場合は，RGB それぞれ 8 ビットを割り当てる 8:8:8 方式（24 ビット RGB，通称フル・カラーまたはトゥルー・カラー）が用いられます．2^{24} ＝ 16777216 色（1677 万色）を表示でき，自然色を表示するのに十分な色数と言われ

視覚的にもっとも解像度が高い G（緑）

人間の視覚は色によって解像度が異なり，オレンジ-シアン（青緑）軸がもっとも解像度が高いことが知られている（p. 135 参照）．

R, G, B の三原色のうち，このオレンジ-シアン軸にもっとも近いのが，G（緑）．

〈表 5-4〉DMT の信号タイミング

	640×480ドット			800×600ドット					1024×768ドット		
	72Hz	75Hz	85Hz	56Hz	60Hz	72Hz	75Hz	85Hz	60Hz	70Hz	75Hz
水平ピクセル数	640	640	640	800	800	800	800	800	1024	1024	1024
垂直ライン数	480	480	480	600	600	600	600	600	768	768	768
水平スキャン・レート	37.861	37.5	43.269	35.156	37.879	48.077	46.875	53.674	48.363	56.476	60.023
垂直スキャン・レート	72.809	75	85.008	56.25	60.317	72.188	75	85.061	60.004	70.069	75.029
ピクセル・クロック・レート	31.5	31.5	36	36	40	50	49.5	56.25	65	75	78.75
水平スキャン期間	832	840	832	1024	1056	1040	1056	1048	1344	1328	1312
水平有効表示期間	640	640	640	800	800	800	800	800	1024	1024	1024
水平ブランク期間	176	200	192	224	256	240	256	248	320	304	288
水平ボーダ期間(左)	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水平ボーダ期間(右)	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水平フロント・ポーチ	16	16	56	24	40	56	16	32	24	24	16
水平同期パルス幅	40	64	56	72	128	120	80	64	136	136	96
水平バック・ポーチ	120	120	80	128	88	64	160	152	160	144	176
垂直スキャン期間	520	500	509	625	628	666	625	631	806	806	800
垂直有効表示期間	480	480	480	600	600	600	600	600	768	768	768
垂直ブランク期間	24	20	29	25	28	66	25	31	38	38	32
垂直ボーダ期間(左)	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
垂直ボーダ期間(右)	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
垂直フロント・ポーチ	1	1	1	1	1	37	1	1	3	3	1
垂直同期パルス幅	3	3	3	2	4	6	3	3	6	6	3
垂直バックポーチ	20	16	25	22	23	23	21	27	29	29	28
水平同期パルス極性	負	負	負	正	正	正	正	正	負	負	正
垂直同期パルス極性	負	負	負	正	正	正	正	正	負	負	正
インタレース	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン
発行年	1992	1993	1996	1990	1990	1990	1993	1996	1991	1991	1993

ています．

32 ビットの場合は，24 ビットと同様に RGB それぞれ 8 ビットを割り当て，MSB の 8 ビットは余っています（8:8:8:8 方式）．これも，24 ビット RGB（フル・カラー）と呼ばれます．VRAM 容量はむだになりますが，アドレス計算が容易なため，24 ビットよりも 32 ビットのほうが一般的に用いられます．

⑥ DMT のディスプレイと信号タイミング（表 5-4）

VGA までのビデオ・システムの仕様では，それぞれのビデオ・モードに対して解像度と色数が決まっているだけでなく，水平/垂直スキャン・レートなどのタイミング仕様も解像度に応じて決まっていました．

たとえば，CGA の 640 × 200 ドット/2 色モード（モード 06 H）は垂直スキャン・レート 60 Hz，水平スキャン・レート 15.75 kHz，EGA の 640 × 350 ドット/16 色モード（モード 10 H）は垂直スキャン・レート 60 Hz，水平スキャン・レート 21.85 kHz，VGA の 640 × 480 ドット/16 色モード（モード 12 H）は垂直スキャン・レート 60 Hz，水平スキャン・レート 31.50 kHz となっています．

SVGA では同じ解像度でも，それに対応する水平/垂直スキャン・レートは何種類もあります．スキャン・レートが高いほど視覚的にちらつきの少ない表示が得られるため，回路技術が進歩して最大動作周波数（ピクセル・クロック・レート）が高くなるにつれて，水平/垂直スキャン・レートも高くなる傾向があります．VGA のオリジナルの垂直スキャン・レートは 60 Hz ですが，同じ 640 × 480 ドットの解像度でも 72 Hz，75 Hz，85 Hz と少しずつ高速のものが用いられるようになっています．

最近では，とくにユーザがスキャン・レートを設定しなくても，PnP によってビデオ・ボードと CRT ディスプレイの両方がサポートするスキャン・レートから

		1280×1024ドット			1600×1200ドット						
	85Hz	60Hz	75Hz	85Hz	60Hz	65Hz	70Hz	75Hz	85Hz		
	1024	1280	1280	1280	1600	1600	1600	1600	1600	ピクセル	水平ピクセル数
	768	1024	1024	1024	1200	1200	1200	1200	1200	ライン	垂直ライン数
	68.677	63.981	79.976	91.146	75	81.25	87.5	93.75	106.25	kHz	水平スキャン・レート
	84.997	60.02	75.025	85.024	60	65	70	75	85	Hz	垂直スキャン・レート
	94.5	108	135	157.5	162	175.5	189	202.5	229.5	MHz	ピクセル・クロック・レート
	1376	1688	1688	1728	2160	2160	2160	2160	2160	ピクセル	水平スキャン期間
	1024	1280	1280	1280	1600	1600	1600	1280	1280	ピクセル	水平有効表示期間
	352	408	408	448	560	560	560	560	560	ピクセル	水平ブランク期間
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ピクセル	水平ボーダ期間(左)
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ピクセル	水平ボーダ期間(右)
	48	48	16	64	64	64	64	64	64	ピクセル	水平フロント・ポーチ
	96	112	144	160	192	192	192	192	192	ピクセル	水平同期パルス幅
	208	248	248	224	304	304	304	304	304	ピクセル	水平バック・ポーチ
	808	1066	1066	1072	1250	1250	1250	1250	1250	ライン	垂直スキャン期間
	768	1024	1024	1024	1200	1200	1200	1200	1200	ライン	垂直有効表示期間
	40	42	42	48	50	50	50	50	50	ライン	垂直ブランク期間
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ライン	垂直ボーダ期間(左)
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ライン	垂直ボーダ期間(右)
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ライン	垂直フロント・ポーチ
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	ライン	垂直同期パルス幅
	36	38	38	44	46	46	46	46	46	ライン	垂直バックポーチ
	正	正	正	正	正	正	正	正	正		水平同期パルス極性
	正	正	正	正	正	正	正	正	正		垂直同期パルス極性
	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン	ノン		インタレース
	1996	1996	1993	1996	1996	1996	1996	1996	1996		発行年

最適のものが自動的に設定されるようになっています．

VESAでは，さまざまな解像度に対応するタイミング仕様を，VBEとは別の規格であるDMTで定義しています．DMTは，これまでVESAが個別に発表してきたディスプレイのタイミング仕様をまとめたものです．

VESAでは，1990年に800×600ドット@56Hz，800×600ドット@60Hz，800×600ドット@72Hzの3種類のディスプレイのタイミング仕様を発表しました．これは，その前の1989年に発表した800×600ドット/16色のビデオ・モード（モード6AH）に対応するものです．800×600ドットは，SVGAの解像度として当時もっとも一般的なものでした．

続いて，1991年には1024×768ドット@60Hzと1024×768ドット@70Hz，1992年には640×480ドット@72Hz，さらに1993年には640×480ドット@75Hz，800×600ドット@75Hz，1024×768ドット@75Hz，1280×1024ドット@75Hzの4種類の仕様が発表されています．毎年少しずつ，解像度やスキャン・レートが高くなってきています．

その後しばらくは規格の追加はありませんでしたが，1996年になって，垂直スキャン・レート85Hzのシリーズ（解像度は640×350ドット，640×400ドット，720×400ドット，640×480ドット，800×600ドット，1024×768ドット，1280×960ドット，1280×1024ドット，1600×1200ドット）や，VBEでサポートしていない新しい解像度のシリーズ（1152×864ドット，1280×960ドット，1600×1200ドット）が追加されました．

◈ 参考文献 ◈

(1) ソフトバンク、IBM PCビデオシステムプログラミング，1994

トランジスタ技術 SPECIAL No.51

エレクトロニクスの基礎と実用技術を満載したフィールド・ワーク・マガジン

B5判 160頁
定価1,835円(税込)

特集 データ通信技術基礎講座

RS232Cの徹底理解からローカル通信の実用技術まで

こうパソコンの台数が増えてくると，パソコン同士を接続したり，モデムやプロッタといった周辺機器を接続することがあたりまえになってきました．これらの機器同士を物理的にケーブルで接続しただけでは，データ通信はできません．本書は，この通信で非常によく使われているシリアル伝送の規格RS232Cについて，やさしく解説します．さらに一般の電話回線を利用してデータを送るための装置 モデムを取り上げ，その成り立ちとハードウェアの構成を紹介します．最後に，パソコン同士を有機的に接続するLANの構成法についても言及します．

CQ出版社 〒170-8461
東京都豊島区巣鴨1-14-2 販売部 TEL(03)5395-2141 振替 00100-7-10665

第2-6章　画像データと音声データを転送するPCカード・インターフェース

ZV ポート

〈名称〉
PC Card Standard
〈発行日〉
1996.3 (PC Card Standard 1995 Update)
1997.3 (PC Card Standard 1997)
〈発行者〉
PCMCIA，日本電子工業振興協会 (JEIDA)
〈情報入手先〉
http://www. pc-card. com
http://www. jeida. or. jp

ノート・パソコンに画像や音声データを転送する方法

ZV ポート (Zoomed Video Port) は，PC カードで生成したディジタル画像データやディジタル音声データを，新たなコネクタや外付けのケーブルなどを使わずにノート・パソコンに転送して表示するためのインターフェースです．新たなコネクタを使わないために，従来の PC カードのピン機能を一部変更して，画像データと音声データを転送する方法を採用しています．そのため，ZV ポートは従来の PC カードの規格 (PC Card Standard) の拡張オプションとして作られました．

マルチメディアの普及とともに，デスクトップ・パソコンでは，NTSC 信号を取り込むビデオ・キャプチャ・ボードやハードウェア MPEG 再生ボードが豊富に出回っています．これらのボードの多くは，**フィーチャコネクタ**やアナログ RGB 出力を利用して通常のパソコン画面の信号を取り込み，その上にビデオ画像を合成するか，パソコン画面とビデオ画像を切り替えて CRT ディスプレイに表示を行います．フィーチャコネクタは，ビデオ・キャプチャ・ボードなどと VGA ボードをパソコンの筐体内部でケーブルで接続し，パソコン画面の表示データを受け渡すしくみです．また，音声信号はやはりパソコンの筐体内部でサウンドブラスターなどのサウンド・ボードにケーブルで送られます．

フィーチャコネクタ
VGA のビデオボードには，VGA コントローラが生成したパソコン画面の表示データを取り出して利用するためのコネクタが装備されている．これをフィーチャコネクタと呼ぶ．

しかし，ノート・パソコンに PC カードのビデオ・キャプチャ・カードを挿入する場合は，フィーチャコネクタのような新たなコネクタを設ける余地はありません．そのため，既存の PC カードの信号ピンを利用して画像データや音声データを転送する方法が考えられました．PC カードの信号ピンには空きがないため，PC カード側とカード・スロット側の両方にピン機能の割り当てを変更するしくみを作り，信号ピンの一部をビデオ・バスとサウンド・バスに切り替えて転送を行います．この方法は ZV ポートと名付けられ，95 年版 PC Card Standard のアップデートとして 1996 年 3 月に公開されました．

現行の PC カード規格である 97 年版 PC Card Standard (1997 年 3 月) には，最初からこの ZV ポートが含まれています．

最近のノート・パソコンでは，32 ビット CradBus や ZV ポート対応の製品が一般的になってきました．USB ポートも標準装備されるようになり，近い将来には IEEE1394 も普及すると考えられています．マルチメディア向けのデータ転送方法の選択肢は増えており，さまざまなデータを高速に転送できるようになってきました．

ZV ポートの利点は，800 × 600 ドットのカラー動画像と 16 ビット PCM のハイファイ音声を同時に，CPU を経由せずに直接転送，表示できることです．画像データの転送レートは最大 32 M バイト/s ですが，本体側の CPU やシステム・バスにはまったく負担をかけず，また PC カード側も単純なインターフェースですむので低コストにできます．ただし，ZV ポートの場合，画像データはディスプレイに表示されるだけ，音声データはスピーカに出力されるだけで，本体側の**ハードディスクなどに記録する用途**には使えません．

ハードディスクなどに記録する用途
USB や IEEE 1394 では，データは CPU を介して取り込まれるので，それをハードディスクに転送することも可能．それによって，画像データや音声データをハードディスクに記録することができる．

PC カードに画像と音声のデータを送るための取り決め

ZV ポートの仕様は，従来の 16 ビット PC カードの規格の拡張オプションとして作られています．カードの物理的寸法の変更はなく，ピン機能の割り当てだけが変更されます．

パソコン側の仕様は，従来の PC カードと ZV 仕様の PC カードの両方に対応できるように作られています．ZV 仕様のパソコンの PC カード・ホスト・コントローラは，挿入された PC カードが ZV 仕様かそうでないかを検出して，ZV 仕様でない従来の PC カードならそのままのピン機能で動作し，ZV 仕様ならピン機能を ZV 仕様に変更して動作します．

PC カード側の仕様は，従来の PC カードと ZV 仕様は異なっており，ZV 仕様でないパソコンに ZV 仕様の PC カードを挿入しても動作しません．ただし，カードにもパソコンにも悪影響がないように作られています．

なお，PC Card Standard では同じようにピン機能の割り当てを変更して新しいインターフェースを作る方法を一般化しており，カスタム・インターフェースと呼んでいます．ZV ポートはカスタム・インターフェースの最初の具体例です．

① ZV ポートのシステム（図 6-1）

本来の 68 ピンの PC カードの信号線の一部を，19 ビットのビデオ・バスと 4 ビットのオーディオ・バスに切り替えて使用します．PC カード側には，ビデオ・バス信号を生成する**ビデオ・デコーダ**，オーディオ・バス信号を生成する **PCM デコーダ**と，ピン機能の切り替えに対応した PC カード・コントローラが必要です．また，PC カードが ZV 仕様であるかどうかは，PC カードのアトリビュート・メモリに書き込んでおきます．

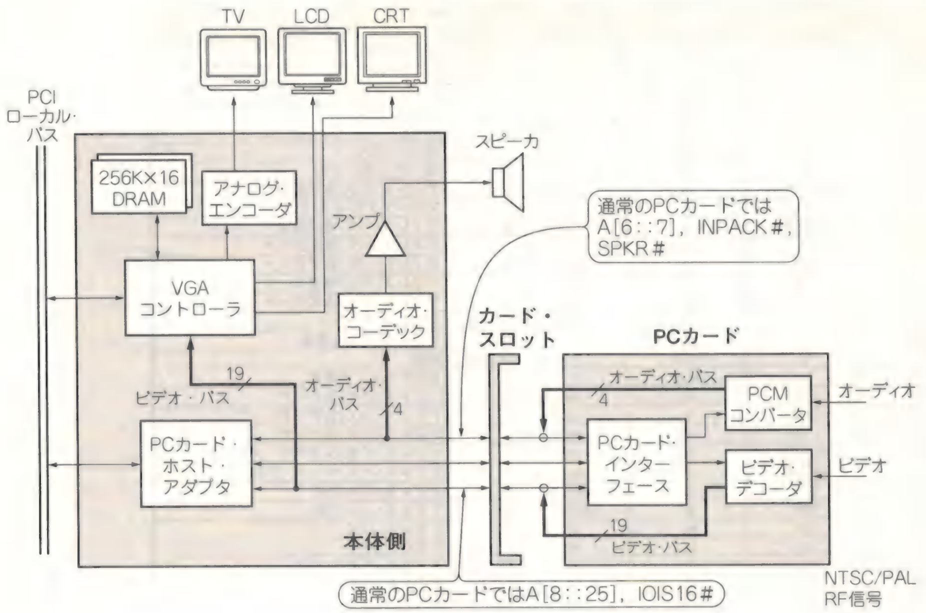
パソコン本体側では，PC カードのコンフィギュレーション時にカードが ZV 仕様であることを検出して，ピン機能を切り替えられる PC カード・ホスト・コントローラが必要です．

また，ZV ポートのビデオ・バスは VGA コントローラに接続されて，画像信号とパソコン画面との合成を行います．そのため，ZV ポート対応のパソコン本体は，ビデオ・オーバレイ機能付きの VGA コントローラが必要です．オーディオ・バスの音声信号を再生するためのサウンド機能も必要です．

ビデオ・デコーダ
NTSC 信号として入力されたアナログ・ビデオ信号を，ディジタル画像データに変換する回路．一般に，A-D コンバータでアナログ・ビデオ信号をサンプリングしてディジタル・データの列に変換し，YUV4：4：2 などの画像データを生成する．

PCM デコーダ
外部から PC カードに入力されるさまざまな PCM 音声信号を，オーディオ・バスで用いる I^2S フォーマットに変換する回路．

〈図 6-1〉ZV ポートのシステム



②信号線定義（表 6-1）

ZV 仕様では，本来の 16 ビット PC カード（メモリ・カード）のピンのうち，おもにアドレス・バスを ZV ポート用として用いています．

アドレス・バスの下位 4 ビット A[3::0]は，そのままアドレス・バスとして使われます．ZV 仕様で動作していても，この 16 バイトのアドレス空間を通して，PC カード内部の 64 M バイトのアドレス空間に間接アクセスができます．

アドレス・バス A[4::5]は予約されており使用できません．

アドレス・バス A[6::7]はオーディオ・バスの MCLK（マスタ・クロック），SCLK（シリアル・クロック）に割り当てられます．

アドレス・バスの上位 18 ビット A[8::25]はビデオ・バスに割り当てられます．A[8::9]，A[13::14]，A[17::20]の 8 ビットが Y[0::7]（輝度データ）に，A[12]，A[15::16]，A[21::25]の 8 ビットが UV[0::7]（色データ）となります．また，A[10]は HREF（水平同期），A[11]は VSYNC（垂直同期）となります．

そのほかに，IOIS16# がビデオ・バスの PCLK（ピクセル・クロック）に，INPACK# がオーディオ・バスの LRCLK（サンプリング・クロック）に，SPKR# がオーディオ・バスの SDATA（シリアル・データ）に割り当てられます．

ビデオ・バスとオーディオ・バスのすべての信号は，PC カードからパソコンへの出力です．すなわち，PC カードはパソコンに対して一方的に画像，音声データを送るだけです．

③画像データのフォーマットとタイミング（図 6-2）

ZV 仕様では，画像データのフォーマットは **YUV4：2：2** を採用しています．これは，ビデオ・キャプチャ・ボードでは一般的なフォーマットです．1 ピクセルのデータは，輝度データ(Y)8 ビットと二つの色データ（U，V）各 4 ビットで構成されます．視覚の解像度が低い色信号のデータを圧縮することにより，16 ビット・データで高品質のカラー画像が得られます．

YUV4：2：2
輝度信号(Y)と色信号（U，V）のビット数の比率が 4：2：2 であるため，このように名付けられている．実際の 1 ピクセルあたりのビット数は 8：4：4．

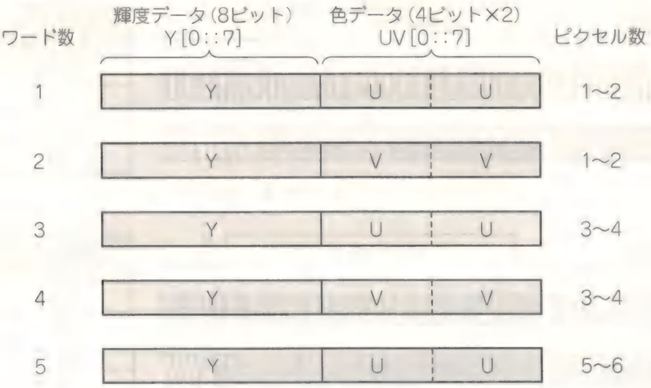
〈表 6-1〉ZV ポートの信号線

ピン番号	信号名		方向		ピン長さ	機能
	I/Oカード	ZVポート	I/Oカード	ZVポート		
1	GND	←	DC	←	long	グラウンド
2	D3	←	i/o	←		データ・バス
3	D4	←	i/o	←		データ・バス
4	D5	←	i/o	←		データ・バス
5	D6	←	i/o	←		データ・バス
6	D7	←	i/o	←		データ・バス
7	CE1#	←	in	←		カード・イネーブル
8	A10	HREF	in	out		アドレス・バス/水平同期
9	OE#	←	in	←		アウトプット・イネーブル
10	A11	VSYNC	in	out		アドレス・バス/垂直同期
11	A9	Y0	in	out		アドレス・バス/輝度データ
12	A8	Y2	in	out		アドレス・バス/輝度データ
13	A13	Y4	in	out		アドレス・バス/輝度データ
14	A14	Y6	in	out		アドレス・バス/輝度データ
15	WE#	←	in	←		ライト・イネーブル
16	IREQ#	←	out	←		レディ/割り込み要求
17	Vcc	←	DCin	←	long	電源
18	Vpp1	←	DCin	←		プログラミング電源
19	A16	UV2	in	out		アドレス・バス/色データ
20	A15	UV4	in	out		アドレス・バス/色データ
21	A12	UV6	in	out		アドレス・バス/色データ
22	A7	SCLK	in	out		アドレス・バス/シリアル・クロック
23	A6	MCLK	in	out		アドレス・バス/マスタ・クロック
24	A5	予約	in	(RFU)		アドレス・バス/予約
25	A4	予約	in	(RFU)		アドレス・バス/予約
26	A3	A3	in	in		アドレス・バス
27	A2	A2	in	in		アドレス・バス
28	A1	A1	in	in		アドレス・バス
29	A0	A0	in	in		アドレス・バス
30	D0	←	i/o	←		データ・バス
31	D1	←	i/o	←		データ・バス
32	D2	←	i/o	←		データ・バス
33	IOIS16#	PCLK	out	out		16ビットI/Oポート/ピクセル・クロック
34	GND	←	DC	←	long	グラウンド
35	GND	←	DC	←	long	グラウンド
36	CD1#	←	out	←	short	カード検出
37	D11	←	i/o	←		データ・バス
38	D12	←	i/o	←		データ・バス
39	D13	←	i/o	←		データ・バス
40	D14	←	i/o	←		データ・バス
41	D15	←	i/o	←		データ・バス
42	CE2#	←	in	←		カード・イネーブル
43	VS1#	←	out	←		電圧検出
44	IORD#	←	in	←		I/Oリード
45	IOWR#	←	in	←		I/Oリード
46	A17	Y1	in	out		アドレス・バス/輝度データ
47	A18	Y3	in	out		アドレス・バス/輝度データ
48	A19	Y5	in	out		アドレス・バス/輝度データ
49	A20	Y7	in	out		アドレス・バス/輝度データ
50	A21	UV0	in	out		アドレス・バス/色データ
51	Vcc	←	DCin	←	long	電源
52	Vpp2	←	DCin	←		プログラミング電源
53	A22	UV1	in	out		アドレス・バス/色データ
54	A23	UV3	in	out		アドレス・バス/色データ
55	A24	UV5	in	out		アドレス・バス/色データ
56	A25	UV7	in	out		アドレス・バス/色データ
57	VS2#	←	out	←		電圧検出
58	RESET	←	in	←		リセット
59	WAIT#	←	out	←		ウェイト
60	INPACK#	LRCLK	out	out		入力ポート・アクノリッジ/サンプリング・クロック
61	REG#	←	in	←		レジスタ・セレクト
62	SPKR#	SDATA	out	out		オーディオ出力/シリアル・データ
63	STSCHG#	←	out	←		ステータス変化
64	D8	←	i/o	←		データ・バス
65	D9	←	i/o	←		データ・バス
66	D10	←	i/o	←		データ・バス
67	CD2#	←	out	←	short	カード検出
68	GND	←	DC	←	long	グラウンド

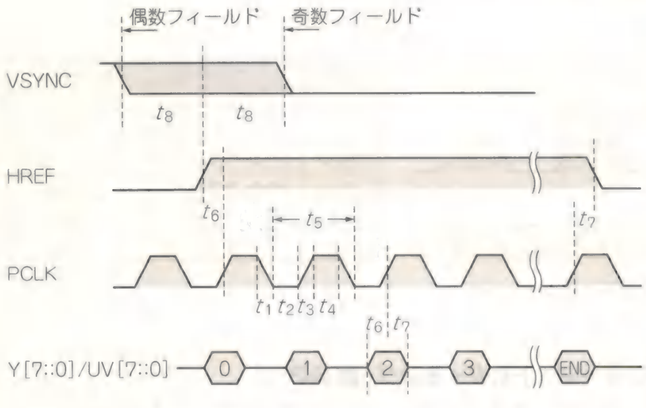
信号名の後の#は負論理を示す
RFUは予約ピン(内部接続は禁止)
信号の方向
　in　：カードへの入力
　out　：カードからの出力
　i/o　：双方向
　nc　：無接続
　DC　：直流(方向なし)
　DCin：直流(カードへの入力)
ピンの長さ
　short：3.50mm
　無印　：4.25mm
　long　：5.00mm

また，このフォーマットはNTSC信号の輝度信号(Y)，色信号(I, Q)のフォーマットに似ています．NTSC信号からYUV信号，YUV信号からRGB信号への変換はいずれも容易です．ビデオ・デコーダではNTSC信号を30フレーム/sのYUVデータに変換します．VGAコントローラ側では，YUVデータをRGBデータに変換してパソコン画面の表示データと合成し，ディスプレイに出力します．

〈図 6-2〉 画像データのフォーマットとタイミング



(a) 画像データのフォーマット



記号	パラメータ	min	max
t_1	PCLK下降時間	4ns	8ns
t_2	PCLKロー時間	20ns	
t_3	PCLK上昇時間	4ns	8ns
t_4	PCLKハイ時間	20ns	
t_5	PCLKサイクル時間	62.5ns	
t_6	Y[7::0]/UV[7::0]/HREFセットアップ時間	30ns	
t_7	Y[7::0]/UV[7::0]/HREFホールド時間	10ns	
t_8	VSYNCセットアップ/ホールド時間	100ns	

すべてのビデオ信号は最小4nsと最大8nsの上昇/下降時間がある．ノンインターレースのデータは奇数フィールドでVSYNCをアサートする．

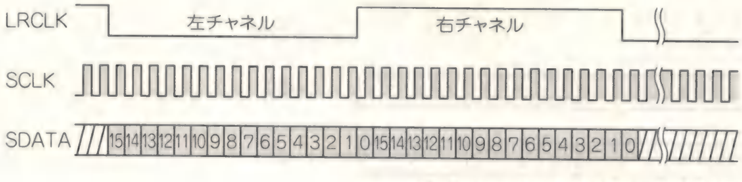
(b) 画像データのタイミング

YUV4:2:2 フォーマットの特徴は，データを 2 ピクセル分まとめて扱うことです．2 ワードの 16 ビット･データで 2 ピクセルを表し，1 ワード目は 1 ピクセル目の Y データ(1 バイト)と 2 ピクセル分の U データ(4 ビット × 2 = 1 バイト)，2 ワード目は 2 ピクセル目の Y データ (1 バイト) と 2 ピクセル分の V データ (4 ビット × 2 = 1 バイト) です．すなわち，Y データは各ワードごとに転送されますが，U データと V データは 1 ワードおきに交互に転送されます．

ZV ポートのビデオ･バスは，8 ビットの輝度データ Y[0::7]と 8 ビットの色データ UV[0::7]を用いてデータ転送を行います．PCLK 信号に同期して Y[0::7]と UV[0::7]の 16 ビットが転送されます．1 ラインごとに水平同期パルス HREF，1 フレームごとに垂直同期パルス VSYNC が出力されます．PCLK の周期は最小 62.5 ns と定められており，転送レートは最大 16 M ワード/s = 16 M ピクセル/s となります．

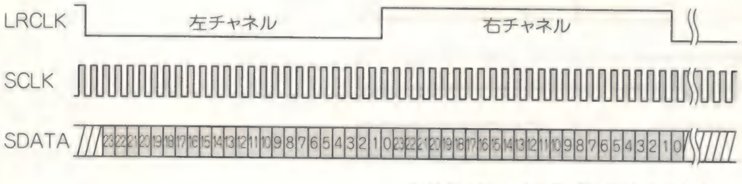
800 × 600 ドットで 30 フレーム/s の動画像を転送するとすれば，必要な転送レートは 800 × 600 × 30 = 14.4 M ピクセル/s となります．ZV ポートの転送レートはそれに対して十分に余裕をもっており，最大 800 × 600 ドットの動画像に対応できる仕様となっています．

〈図6-3〉音声データのフォーマットとタイミング



LRCLK [kHz] サンプリング周波数	SCLK [MHz] 32xf_S	MCLK [MHz] 256x
22.05	0.7056	5.6448
32	1.0240	8.1920
44.1	1.4112	11.2896
48	1.5360	12.2880

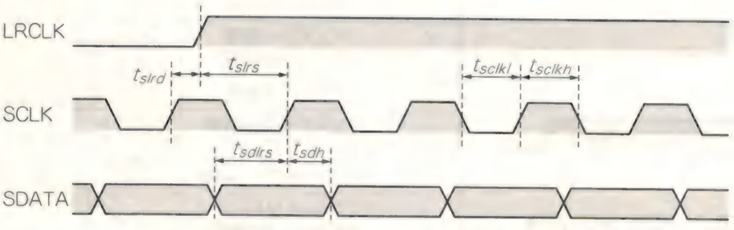
16ビット・データ（MCLK=256f_S）



LRCLK [kHz] サンプリング周波数	SCLK [MHz] 48xf_S	MCLK [MHz] 384x
22.05	1.0584	8.4672
32	1.5360	12.2880
44.1	2.1168	16.9344
48	2.3040	18.4320

24ビット・データ（MCLK=384f_S）

(a) 音声データのフォーマット



記号	パラメータ	min
t_{slrd}	LRCLKディレイ	2ns
t_{slrs}	LRCLKセットアップ	32ns
t_{sclkl}	ビット・クロック・ロー	22ns
t_{sclkh}	ビット・クロック・ハイ	22ns
t_{sdlrs}	データ・セットアップ	32ns
t_{sdh}	データ・ホールド	2ns

(b) 音声データのタイミング

④音声データのフォーマットとタイミング（図6-3）

ZV仕様では，音声データはI^2Sフォーマットの16ビットまたは24ビットPCM音声データです．まず，Lチャネルのデータを SCLK信号に同期してMSBから順に送り，次にRチャネルのデータを SCLKに同期してMSBから順に送ります．あとはこの繰り返しです．サンプリング周波数f_Sに対して，16ビットPCMは32ビットで1サンプルなのでSCLK = 32 × f_S，24ビットPCMは48ビットで1サンプルなのでSCLK = 48 × f_Sとなります．

サンプリング周波数f_Sは22.05kサンプル/s，32kサンプル/s.，44.1kサンプル/s，48kサンプル/sの4種類をサポートしています．

ZVポートのオーディオ・バスは，LRCLK, SCLK, MCLKの三つの同期クロックと，シリアル・データSDATAの4本の信号をもちます．LRCLKはサンプリング・クロックで，LRCLK = Loの期間はLチャネル，LRCLK = Hiの期間はRチャネルの転送であることを示します．MCLKはSCLKの64倍のマスタ・クロックで，16ビットPCMではMCLK = 256 × f_S，24ビットPCMではMCLK = 384 × f_Sとなります．

⑤電気的仕様

通常の16ビットPCカードの電気的仕様と変わりません．ビデオ・バスおよびオーディオ・バスのすべての信号電圧は，5Vカードでは TTLレベル(JEDEC 7)，3.3Vカードでは LV-TTLレベル（JEDEC 8-1A）に従っています．

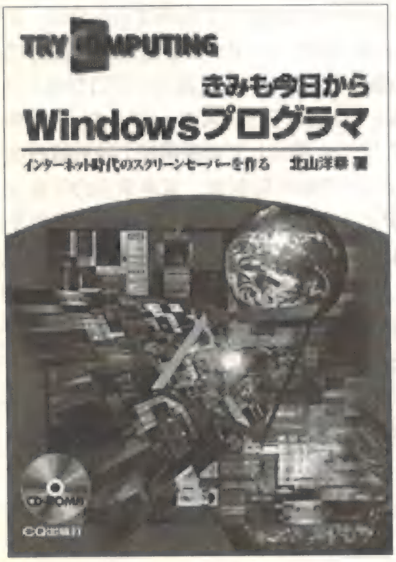
好評発売中

インターネット時代のスクリーンセーバーを作る

きみも今日から Windows プログラマ

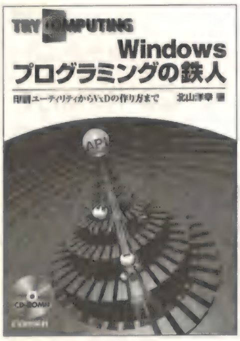
B5 判　180 頁
CD-ROM 付き
定価 2,310 円

北山 洋幸 著



コンピュータは日に日に進歩し，数年前まではGUIやイベントプログラミングに大騒ぎでした．しかし，時代は既にネットワークプログラミングです．特にインターネットの発展はすさまじく，Webが登場したかと思う間もなく，プッシュが台頭し，データ放送が始まろうとしています．まさに，メディアコンバージェンスの時代です．
時代はこのように，移り変わっていきます．しかし，プログラミングを習得する方法は，昔から先輩の書いたプログラムを，こつこつとこなすのが一番です．とは言え，時代の流れがこのように速いと，ゆっくりプログラミング言語を習得する時間もありません．
本書では，VB,VC,C++Builder などを用いてスクリーンセーバーを作ることによって，Windows のプログラミングの勘所を養っていきます．

第 1 章 概要　スクリーンセーバーとは / 第 2 章 Visual Basic で作るスクリーンセーバー / 第 3 章 Visual C++ で作るスクリーンセーバー / 第 4 章 Borland C++ で作るスクリーンセーバー / 第 5 章 C++ Builder で作るスクリーンセーバー / 第 6 章 インターネット対応スクリーンセーバー / 第 7 章 スクリーンセーバー・ツールズ

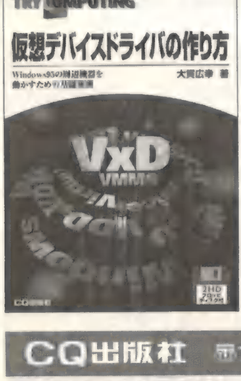


印刷ユーティリティから VxD の作り方まで

Windows プログラミングの鉄人

北山洋幸　著　B5 判　128 頁　CD-ROM1 枚付き　定価 1,890 円
ISBN4-7898-3585-5

「コンピュータは道具だ」と表現されます．この場合の「道具」とは文章を書いたり，絵を画いたり，インターネットを楽しむことを指しています．しかし，コンピュータほど創作活動に適した道具はほかに考えられません．特にプログラムを開発する道具として唯一無二の存在です．
　ビジュアルな開発環境も整備され，以前と比較すると格段に Windows プログラミングは楽になりました．ぜひ，この機会に使う側から作る側に回ってみてはいかがでしょう．単なる，使用者でない新しい世界が始まります．



Windows95 の周辺機器を動かすための基礎知識

仮想デバイスドライバの作り方

大貫広幸　著　B5 判　260 頁　3.5 インチ 1.44MFD 付き　定価 2,500 円
ISBN4-7898-3384-4

　デバイスドライバは，オペレーティング･システムの管理の下でコンピュータのハードウェアを直接制御するプログラムモジュールです．
　Windows95 のデバイスドライバは仮想デバイスドライバ（VxD）と呼ばれ，標準的なデバイスドライバとはかなり異なった構造をしており，作成するためにはさまざまな知識が必要です．
　本書は，基本的な Windows95 の構造から始めて Windows3.1 の VxD の作り方，Windows95 の VxD の作り方，パラレル入出力を例にした VxD の作り方などについて詳細に解説しました．

CQ出版社　〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2 販売部 ☎(03)5395-2141 振替 00100-7-10665
※定価は消費税込みの価格です
CQ 出版社のホームページのアドレス　http://www.cqpub.co.jp/

ハードウェア・デザイン・シリーズ10　好評発売中

A-D/D-Aコンバータの接続方法からディジタル・フィルタの実現まで

DSPのハードウェアと信号処理の実際

B5判
144ページ
定価1,800円

トランジスタ技術編集部 編

本書では，DSP(Digital Signal Processor)を応用するために，まずプロセッサとしての基本的なアーキテクチャ，アナログ信号の入出力に必要となるA-D/D-Aコンバータの接続方法とデータ入出力のプログラミング例について解説します．さらに，DSK(DSPスターターキット)やEVM(評価ボード)を利用して，パソコンと接続して音声帯域の波形解析を行うFFT，正弦波の発生実験，DCモータの回転制御，音声信号の圧縮などについて，アルゴリズムとコーディングを解説します．具体的に解説するDSPはTI(テキサス・インスツルメンツ)社のTMS320Cシリーズです．

第1章 DSPの特徴とアーキテクチャ／第2章 TMS320C5000シリーズの内部回路技術／第3章 DSPの種類と特徴／第4章 DSPとD-Aコンバータのインターフェース／第5章 DSPとA-Dコンバータのインターフェース／第6章 DSKとパソコンによる波形観測／第7章 正弦波発生の考察と実際／第8章 モータ制御用DSPの機能と応用／第9章　DSPの音声圧縮への応用

TECH I Vol.2　好評発売中

パソコンのよるシミュレーションとDSPプログラミング

ディジタル信号処理とDSP

B5判
232ページ
CD-ROM付き
定価2,200円

三上 直樹 著

▶付属CD-ROMの内容◀信号処理シミュレーションプログラム＆ソースリスト／Code Composer Studioチュートリアル

パソコンの性能向上により，従来は不可能に思えたことが実現できるようになりました．本書で紹介するディジタル信号処理のシミュレーションもその一つです．ディジタル信号処理はその実践が数式で示されることが多く，直感的に理解しにくい分野です．そこで本書では，パソコン上でシミュレーションプログラムを作り，ディジタル信号処理が目や耳で理解できることを目指しました．

また，テキサス・インスツルメンツ社が販売しているDSPスタータキットを使い，実際のDSP(ディジタルシグナルプロセッサ)を用いたプログラミングについても詳細に解説しました．したがって，本書により，ディジタル信号処理の考え方とプログラミング方法が完璧にマスターできるようになります．

第1部 パソコンによるシミュレーション
第1章　信号処理シミュレーションの準備と標本化定理／第2章　ディジタルフィルタの基礎―移動平均／第3章　積分回路とIIRフィルタ／第4章　ディジタルフィルタの伝達関数とインパルス応答／第5章　適応フィルタと適応線スペクトル強調器／第6章　離散的フーリエ変換とFFT
第2部 DSPプログラミング
第7章　固定小数点DSP TMS320C5xとスタータキットの概要／第8章 TMS320C5xプログラミングの基礎／第9章　DSPスタータキットによるディジタルフィルタの実現／第10章 DSPスタータキットによる信号発生とその応用／第11章 浮動小数点DSP TMS320C3xとスタータキットの概要／第12章 TMS320C3xプログラミングの基礎／第13章 C言語によるTMS320C3xのプログラミング／第14章 PCと協調して動作するディジタル信号処理プログラム

CQ出版社　〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2 販売部 ☎(03)5395-2141 振替00100-7-10665

※定価は消費税込みの価格です　　CQ出版社のURL　http://www.cqpub.co.jp/

トランジスタ技術SPECIAL　好評発売中

トランジスタ技術 SPECIAL No.70

エレクトロニクスの基礎と実用技術を凝縮したフィールド・ワーク・マガジン

B5判/160頁/定価1,840円

パソコン周辺機器から情報家電のインターフェースまで

特集　IEEE1394で広がる通信技術

IEEE1394は1980年代にアップル社の技術者が発想したFireWireというシリアル・バス規格がおおもとです．その後，AV機器のディジタル・インターフェースとしてiLink，電子楽器用のディジタル・インターフェースとしてmLAN，PCへの応用としてOHCI，SBP2などが提案され，製品に搭載されています．AV機器間やAV機器とパソコンを接続する通信インターフェースとして，IEEE1394はもっとも有力なものであると思います．今号では，ケーブルとコネクタといった基本的な部分から，IEEE1394でLANを構成するところまでを解説します．

①さまざまな可能性を秘めたIEEE1394インターフェース　②IEEE1394標準規格の特徴と機能
③IEEE1394拡張規格の内容と機能　④OHCI規格対応IEEE1394　PCIカードの製作
⑤長距離伝送IEEE1394　PCIアドイン・ボードの製作　⑥IEEE1394ネットワーク・アプリケーション

既刊好評発売中

●B5判●定価：1～32 1,570円　36～45 1,631円　47～49 1,723円　50～57 1,835円　58以降1,840円

- 1 個別半導体素子活用のすべて
- 6 Z80ソフト＆ハードのすべて
- 8 データ通信技術のすべて
- 9 パソコン周辺機器インターフェース詳解
- 17 OPアンプによる回路設計入門
- 22 ディジタル回路のノイズ対策技術のすべて
- 25 最新マイコン・メモリ・システム設計法
- 28 最新・電源回路設計技術のすべて
- 29 マイコン独習Z80完全マニュアル
- 31 基礎からのビデオ信号処理技術
- 32 実用電子回路設計マニュアル
- 36 基礎からの電子回路設計ノート
- 37 実用電子回路設計マニュアルⅡ
- 38 Z80システム設計完全マニュアル
- 39 A-Dコンバータの選び方・使い方のすべて
- 40 電子回路部品の活用ノウハウ
- 41 実験で学ぶOPアンプのすべて
- 42 高速ディジタル回路の測定とトラブル解析
- 43 Cによるマイコン制御プログラミング
- 44 フィルタの設計と使い方
- 45 PC98シリーズのハードとソフト
- 47 高周波システム＆回路設計
- 48 作れば解るCPU
- 49 徹底解説 Z80マイコンのすべて
- 50 フレッシャーズのための電子工学講座
- 51 データ通信技術基礎講座
- 52 ビデオ信号処理の徹底研究
- 53 パソコンによる計測・制御入門
- 54 実践パワー・エレクトロニクス入門
- 55 作ってわかる電子回路製作入門
- 56 電子回路シミュレータ活用マニュアル
- 57 最新 スイッチング電源技術のすべて
- 58 基本 C-MOS標準ロジック活用マスタ
- 59 新世代Z80CPUで学ぶマイコン入門
- 60 実験で学ぼう回路技術のテクニック
- 61 モータ制御＆メカトロ技術入門
- 62 電子回路シミュレータの本格的応用
- 63 パソコン周辺インターフェースのすべて
- 64 実験で学ぶノイズ対策技術のすべて
- 65 PCIバスの基礎と応用
- 66 センサ応用回路の活用ノウハウ
- 67 パソコン周辺機器インターフェースⅡ
- 68 WindowsPCによる計測・制御入門
- 69 作ってわかる通信ネットワーク技術

トランジスタ技術SPECIALのURL　http://www.cqpub.co.jp/trs/trsmenu.htm

CQ出版社　販売部　〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2　☎(03)5395-2141　FAX(03)5395-2106

※定価は消費税込みの価格です

CQ出版社のURL　http://www.cqpub.co.jp/

●本書掲載記事の利用についてのご注意――本書掲載記事には著作権があり，また工業所有権が確立されている場合があります．したがって，個人で利用される場合以外は所有者の承諾が必要です．
また，掲載された回路，技術，プログラムを利用して生じたトラブル等については，小社ならびに著作権者は責任を負いかねますのでご了承ください．

●本書に関するご質問について――文章，数式等の記述上で不明な点についてのご質問は，必ず往復はがきか返信用封筒を同封した封書にてお願いいたします．ご質問は著者に回送し直接回答していただきますので，多少時間がかかります．また，本書の範囲を超えるご質問には応じられませんので，ご了承ください．

トランジスタ技術 SPECIAL No.63

© CQ出版㈱ 1998

1998年7月1日 初版発行
2000年6月1日 第4版発行

編集人 山形孝雄
発行人 蒲生良治
発行所 CQ出版株式会社 〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2
電話 03-5395-2121(出版部)，03-5395-2141(販売部)
振替 00100-7-10665

(定価は表四に表示してあります)

印刷・製本 三晃印刷株式会社

乱丁，落丁本はお取り替えいたします．

Printed in Japan

ハードウェア・デザイン・シリーズ　好評発売中

A-D/D-Aコンバータの接続方法からディジタル・フィルタの実現まで
DSPのハードウェアと信号処理の実際
トランジスタ技術編集部 編
B5判 144頁
定価1,800円

本書では，DSPを応用するために，まずプロセッサとしての基本的なアーキテクチャ，アナログ信号の入出力に必要となるA-D/D-Aコンバータの接続方法とデータ入出力のプログラミング例について解説します．さらに，DSK(DSPスターターキット)やEVM(評価ボード)を利用して，パソコンと接続して音声帯域の波形解析を行うFFT，正弦波の発生実験，DCモータの回転制御，音声信号の圧縮などについて，アルゴリズムとコーディングを解説します．

微弱電波/特定小電力によるデータ伝送からスペクトラム拡散まで
電波による無線データ伝送技術
トランジスタ技術編集部 編
B5判 128頁
定価1,400円

本書は，無線局の免許が不要な微弱電波，認定制度によって免許が不要となる特定小電力電波を利用するデータ伝送機器の設計事例，スペクトラム拡散によるデータ伝送システムの開発・実験例などを具体的な回路を示して解説しています．さらに，変調・復調の基礎，PLLとDDSの試作・実験など，電波利用と高周波回路の基礎についてもとりあげています．

発光ダイオードからフォト・カプラ，赤外線，光ファイバの応用まで
光エレクトロニクスの基礎と活用法
トランジスタ技術編集部 編
B5判 162頁
定価1,680円

本書は，もっとも基本的な可視光LEDランプの正しい使い方から，フォト・カプラを使ったアイソレーション技法など，光半導体デバイスの基礎からその応用回路までを詳細に解説しています．目次●第1章◆基礎編/第2章◆ドット・マトリクス・ディスプレイ編/第3章◆赤外線光通信マスタ編/第4章◆フォト・カプラ応用編/第5章◆光リンク/半導体レーザ編

シリアル・ポートとパラレル・ポートを活用しよう
パソコン・アダプタの製作＆応用
トランジスタ技術編集部 編
B5判 144頁 FD付き
定価1,800円

本書は，パソコンの標準入出力ポートに接続するアダプタの設計・製作事例集です．
標準ポートのハードウェアとプログラミングについても解説しており，紹介した製作基板をすぐにご利用いただけるよう，3.5インチ・フロッピ・ディスクにアダプタ基板動作用プログラムを収めています．

アート・ワークの基礎から多層基板の設計事例まで
パソコンによるプリント基板設計
中島直樹 著
B5判 180頁 CD-ROM付き
定価2,200円

パソコン用CADソフトウェアを利用してプリント基板を設計する方法について，詳細に解説しました．基礎編では，プリント基板の基礎知識からアート・ワークの実際，CADソフトウェアによる設計の手順と各工程の詳細について，基礎用語の解説から基板製造業者への発注の具体例までを，回路設計者の立場から解説しています．実践編では，付属CD-ROMを利用しながら，パソコンによるプリント基板設計の実際を体験できます．

部品がわかればハードウェア技術がわかる
わかる電子回路部品 完全図鑑
トランジスタ技術編集部 編
B5判　160頁 フルカラー
定価1,890円

月刊誌「トランジスタ技術」に只今連載している『電子部品図鑑』は，電子部品や電子機器の内部をカラー写真で示すことにより，電子部品への知識を培ってもらうことに努めてきました．　本書は，1995年1月号から1998年4月号までの『電子部品図鑑』をまとめたものです．もちろん全体の見直しを行い，新規部品も追加しています．

抵抗，コンデンサ，インダクタ，機構部品の特徴と仕様
わかる電子部品の基礎と活用法
蒯　利明／竹田俊夫 著
B5判　184頁
定価 1,733円

本書では抵抗，コンデンサ，インダクタ，機構部品の種類とその構造，仕様，特徴をイラストを豊富に使ってわかりやすく解説しています．それに加え，部品の故障率や故障モードなど高信頼設計のための基礎データなどもまとめました．

CQ出版社　〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2 販売部　☎(03) 5395-2141 振替00100-7-10665

（定価は税込）
CQ出版社のホームページURL http://www.cqpub.co.jp/

ISBN4-7898-3255-4

C3055 ¥1752E

CQ出版社

定価：本体1,752円（税別）

9784789832557

1923055017528